

Structure screen for controlled spreading of light

Publication number: CN1386203

Publication date: 2002-12-18

Inventor: MORRIS G M (US); SALES T R M (US)

Applicant: ROCHESTER PHOTONICS CORP (US)

Classification:



- international: **G03B21/62; G02B3/00; G02B3/08; G02B5/02; G02B5/18; G02F1/1335; G03B21/62; G02B3/00; G02B3/08; G02B5/02; G02B5/18; G02F1/13; (IPC1-7): G02B5/02**

- European: **G02B3/00A; G02B3/08; G02B5/02; G02B5/18T1**

Application number: CN20018002264 20010730

Priority number(s): US20000222033P 20000731

Also published as:

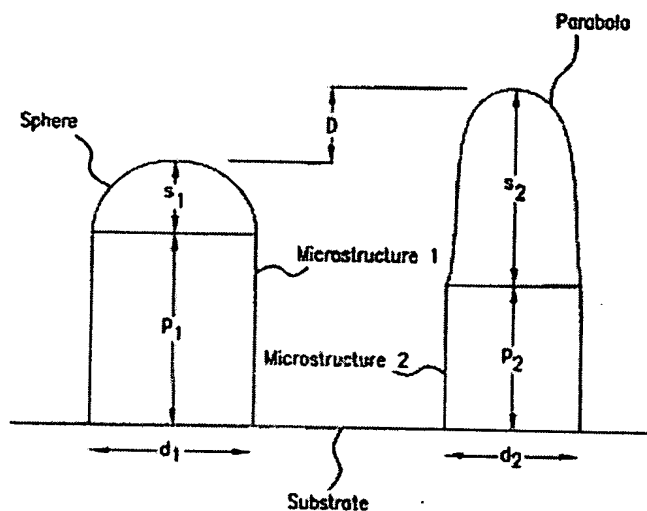
 **WO0210804 (A1)**
 **TW240805B (B)**

[Report a data error here](#)

Abstract not available for CN1386203

Abstract of corresponding document: **WO0210804**

Structure screens for the controlled spreading, diffusion, or scattering of an incident beam are provided. The screens are composed of microstructures (1, 2) whose configurations and distribution on the surfaces of the screen are precisely determined. In certain embodiments, the configurations and/or their distribution is randomized. The structured screens can be used as diffusing screens or display screens.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G02B 5/02

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01802264.2

[43] 公开日 2002 年 12 月 18 日

[11] 公开号 CN 1386203A

[22] 申请日 2001.7.30 [21] 申请号 01802264.2

[30] 优先权

[32] 2000.7.31 [33] US [31] 60/222,033

[86] 国际申请 PCT/US01/23847 2001.7.30

[87] 国际公布 WO02/10804 英 2002.2.7

[85] 进入国家阶段日期 2002.4.1

[71] 申请人 罗切斯特光电器件公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 G·M·莫里斯

T·R·M·塞尔斯

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

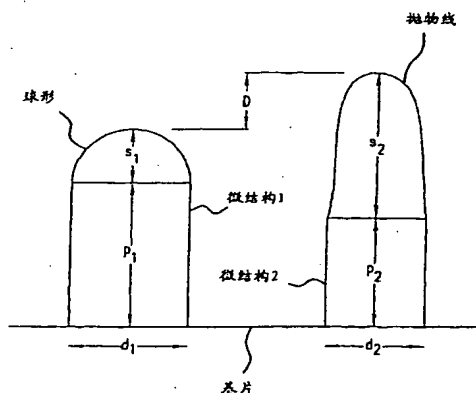
代理人 李 玲

权利要求书 9 页 说明书 29 页 附图 49 页

[54] 发明名称 用于光受控扩展的结构化屏

[57] 摘要

提供对入射光束作受控扩展、漫射或散射的结构化屏。屏由微结构(1、2)组成,其在屏表面上的配置与分布得到精密确定。在一些实施例中,配置和/或其分布作了随机化。该类结构化的屏可以用作漫射屏或显示屏。



ISSN 1008-4274

1. 一种制作可提供入射光期望扩展的结构化屏的方法, 所述结构化屏包括基片和多个分布于所述基片至少一个表面上的多个微结构, 其特征在于, 所述方法包括:

(a)为每个所述多个微结构选择一个在所述基片至少一个表面上的位置;

(b)对每个所述多个微结构选择一种配置;

(c)对步骤(a)与(b)选择的位置和配置计算入射光的扩展;

(d)将步骤(c)计算的扩展与期望的扩展进行比较, 需要时重复步骤(a)、(b)和(c)中的至少一个步骤, 直到计算扩展与期望扩展的比较结果满足规定的标准;

(e)制造多个精度优于 $10 \cdot \lambda_n$ 的微结构, 其位置与配置满足步骤(d)中规定的标准, 其中 λ_n 是屏的标称工作波长。

2. 如权利要求 1 的方法, 其中步骤(a)选择的诸位置形成一规则阵列。

3. 如权利要求 2 的方法, 其中阵列为六边形阵列。

4. 如权利要求 1 的方法, 其中步骤(a)选择的位置以一组形成拼合图的单元网格为基础。

5. 如权利要求 4 的方法, 其中拼合图任选。

6. 如权利要求 4 的方法, 其中结构化屏具有内部微结构和边沿微结构, 所述拼合在内部微结构之间产生至少某些接合部, 在光扩展方面它们对应于两块结构化屏相互铺盖而造成的边沿微结构之间的至少某些接合部。

7. 如权利要求 1 的方法, 其中步骤(a)选择的至少某些位置按预定的概率密度函数作随机分布。

8. 如权利要求 1 的方法, 其中微结构位置以一组随机的多边形边界为基础。

9. 如权利要求 1 的方法, 其中在步骤(b)中, 将至少某些微结构的至少一部分选择成具有下式给出的配置:

$$s(x, y) = \frac{c[(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2]}{1 + \sqrt{1-(x+1)c^2}[(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2]} + \sum_p A_p [(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2]^{p/2}$$

其中 $s(x,y)$ 是所述部分的垂度, c 是其曲率, (x_c, y_c) 是其中心点, κ 为锥形常数, A_p 为非球形系数。

10. 如权利要求 9 的方法, 其中对于至少一个 p , $A_p \neq 0$ 。

11. 如权利要求 9 的方法, 其中 $\kappa \neq 0$ 。

12. 如权利要求 9 的方法, 其中:

$$\kappa = -1; \text{和}$$

$$\text{对于所有 } p, A_p = 0$$

13. 如权利要求 1 的方法, 其中在步骤(b)中, 至少一些微结构的至少一部分被选成具有下式给出的配置:

$$s(x,y) = \sum_{p=1}^{\infty} B_p (x-x_c)^p + C_p (y-y_c)^p$$

其中 $s(x,y)$ 是所述部分的垂度, (x_c, y_c) 是其中心点, B_p 与 C_p 是幂级数系数。

14. 如权利要求 1 的方法, 其中至少一些微结构包括: (i) 弯曲微透镜部分和(ii)直边柱塞部分。

15. 如权利要求 1 的方法, 其中至少一些微结构包括一种变形微透镜。

16. 如权利要求 1 的方法, 其中在步骤(b)中, 至少一些微结构的至少一部分被选成具有下式给出的配置:

$$s(x,y) = \frac{c_x (x-x_c)^2 + c_y (y-y_c)^2}{1 + \sqrt{1 - (1+\kappa_x)c_x (x-x_c)^2 + (1+\kappa_y)c_y (y-y_c)^2}}$$

其中 $s(x,y)$ 是所述部分的垂度, (x_c, y_c) 是其中心点, c_x 与 c_y 分别是沿 x 与 y 的曲率, κ_x 与 κ_y 分别是沿 x 与 y 的锥形常数。

17. 如权利要求 1 的方法, 其中在步骤(b)中, 至少一些微结构的至少一部分被选成是有下列式给出的配置:

$$s(x,y) = \frac{c_x (x-x_c)^2}{1 + \sqrt{1 - (1+\kappa_x)c_x (x-x_c)^2}} + \frac{c_y (y-y_c)^2}{1 + \sqrt{1 - (1+\kappa_y)c_y (y-y_c)^2}} + \sum_p A_{xp} (x-x_c)^p + A_{yp} (y-y_c)^p$$

其中 $s(x,y)$ 是所述部分的垂度, (x_c, y_c) 是其中心点。 c_x 与 c_y 分别是沿 x 与 y 的曲率, κ_x 与 κ_y 分别是沿 x 与 y 的锥形常数, A_{xp} 与 A_{yp} 分别是沿 x 与 y 的非球形偶数。

18. 如权利要求 1 的方法, 其中:

(a) 至少一些微结构的至少一部分被选成具有以至少一个参数表征的配置;

和

(b)所述至少一个参数按预定概率密度函数作随机分布。

19、如权利要求 18 的方法，其中至少一个随机分布的参数在其预定范围内具有均匀概率密度函数。

20、如权利要求 18 的方法，其中至少一个随机分布的参数是曲率半径。

21、如权利要求 18 的方法，其中稀少一个随机分布的参数是最大表面垂度。

22、如权利要求 18 的方法，其中至少一个随机分布的参数是微结构横向尺寸特性。

23、如权利要求 22 的方法，其中所述参数是直径。

24、如权利要求 1 的方法，其中：

(a)至少一些微结构包括：(i)弯曲微透镜部分和(ii)直边柱塞部分；和

(b)直边柱塞部分的高度按预定的概率密度函数作随机分布。

25、如权利要求 24 的方法，其中直边柱塞部分的高度在所述高度的范围内具有均匀概率密度函数。

26、如权利要求 1 的方法，其中：

(a)至少一些微结构有一顶点，所述顶点与基片分开一距离；和

(b)至少一些所述距离按预定的概率密度函数作随机分布。

27、如权利要求 26 的方法，其中所述随机分布的距离有一最大值，而所述最大值与所述随机分布距离之差在所述差值的预定范围内具有均匀概率密度函数。

28、如权利要求 1 的方法，其中基片规定了第一光轴，至少一些微结构的配置包括一块微透镜，所述微透镜限定第二光轴，它不平行于第一光轴。

29、如权利要求 1 的方法，其中如在步骤(e)中产生的那样，多个微结构具有精度优于 $5 \cdot \lambda_n$ 的位置和配置，在步骤(d)中满足规定的标准。

30、如权利要求 1 的方法，其中步骤(e)包括在光致抗蚀剂中作直接激光刻写。

31、如权利要求 1 的方法，其中微结构分布在基片的两个表面。

32、包含多个微结构的光受控扩展设备，各微结构相对于所有其它微结构以优于 $10 \lambda_n$ 的精度定位于某个预定位置，各微结构的配置以优于 $10 \cdot \lambda_n$ 的

精度对应于预定的数学关系式，其中 λ_n 是该设备的标称工作波长，所述预定的位置和数学关系式可以推算出由设备对入射光的扩展。

33、如权利要求 32 的设备，其中预定位置形成一规则阵列。

34、如权利要求 33 的设备，其中阵列是六边形阵列。

35、如权利要求 32 的设备，其中预定位置以一组形成拼合图的单元网格为基础。

36、如权利要求 35 的设备，其中拼合为随机拼合。

37、如权利要求 35 的设备，其中设备具有内部微结构和边沿微结构，拼合图在内部微结构之间提供的至少一些接合部，在光扩展面对应于设备的两个采样相互铺盖造成的边沿微结构之间的至少一些结合部。

38、如权利要求 32 的设备，其中至少一些预定位置按预定的概率密度函数作随机分布。

39、如权利要求 32 的设备，其中预定位置以一组随机的多边形边界为基础。

40、如权利要求 32 的设备，其中至少一些微结构的至少一部分配置以优于 $10 \cdot \lambda_n$ 的精度对应于数学关系式：

$$s(x, y) = \frac{c[(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2]}{1 + \sqrt{1 - (\kappa + 1)c^2[(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2]}} + \sum_p A_p [(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2]^{p/2}$$

其中 $s(x, y)$ 是所述部分的垂度， c 是其曲率， (x_c, y_c) 是其中心点， κ 是锥形常数， A_p 为非球形系数。

41、如权利要求 40 的设备，其中对于至少一个 p ， $A_p \neq 0$ 。

42、如权利要求 40 的设备，其中 $\kappa \neq 0$ 。

43、如权利要求 40 的设备，其中：

(a) $\kappa = -1$ ；和

(b)对于所有的 p ， $A_p = 0$ 。

44、如权利要求 32 的设备，其中至少一些微结构的至少一部分配置以优于 $10 \cdot \lambda_n$ 的精度对应于数学关系式：

$$s(x, y) = \sum_{p=1}^{\infty} B_p (x-x_c)^p + C_p (y-y_c)^p$$

其中 $s(x, y)$ 是所述部分的垂度， (x_c, y_c) 是其中心点， B_p 与 C_p 是幂级数系数。

45、如权利要求 32 的设备，其中至少一些微结构包括：(i) 弯曲微透镜部分和(ii)直边柱塞部分。

46、如权利要求 32 的设备，其中至少一些微结构包括一块变形微透镜。

47、如权利要求 32 的设备，其中至少一些微结构的至少一部分配置以优于 $10 \cdot \lambda_n$ 的精度对应于数学关系式：

$$s(x, y) = \frac{c_x(x-x_c)^2 + c_y(y-y_c)^2}{1 + \sqrt{1 - (1+\kappa_x)c_x(x-x_c)^2 + (1+\kappa_y)c_y(y-y_c)^2}}$$

其中 $s(x, y)$ 是所述部分的垂度， (x_c, y_c) 是其中心点， c_x 与 c_y 是曲率， κ_x 与 κ_y 分别是沿 x 与 y 的锥形常数。

48、如权利要求 32 的设备，其中至少一些微结构的至少一部分配置以优于 $10 \cdot \lambda_n$ 的精度对应于数学关系式：

$$s(x, y) = \frac{c_x(x-x_c)^2}{1 + \sqrt{1 - (1+\kappa_x)(x-x_c)^2}} + \frac{c_y(y-y_c)^2}{1 + \sqrt{1 - (1+\kappa_y)(y-y_c)^2}} + \sum_p A_{xp}(x-x_c)^p + A_{yp}(y-y_c)^p$$

其中 $s(x, y)$ 是所述部分的垂度， (x_c, y_c) 是其中心点， c_x 与 c_y 分别是沿 x 与 y 的曲率， κ_x 与 κ_y 分别是沿 x 与 y 的锥形常数， A_{xp} 与 A_{yp} 分别是沿 x 与 y 的非球形系数。

49、如权利要求 32 的设备，其中：

(a)至少一些预定的数学关系式包括至少一个公共参数；和

(b)所述至少一个公共参数按预定的概率密度函数作随机分布。

50、如权利要求 49 的设备，其中至少一个随机分布的公共参数在所述公共参数预定的范围内具有均匀概率密度函数。

51、如权利要求 49 的设备，其中至少一个随机分布的公共参数是曲率半径。

52、如权利要求 49 的设备，其中至少一个随机分布的公共参数是最大表面垂度。

53、如权利要求 49 的设备，其中至少一个随机分布的公共参数是微结构横向尺寸的参数特征。

54、如权利要求 53 的设备，其中参数是直径。

55、如权利要求 32 的设备，其中：

(a)至少一些微结构包括：(i)弯曲微透镜部分，和 (ii)直边柱塞部分；和

(b)直边柱塞部分的高度按预定的概率密度函数作随机分布。

56. 如权利要求 55 的设备, 其中直边柱塞部分的高度在所述预定的范围内具有均匀概率密度函数。

57. 如权利要求 32 的设备, 其中:

(a) 至少一些微结构有一顶点; 和

(b) 至少一些所述顶点的高度按预定的概率密度函数作随机分布。

58. 如权利要求 57 的设备, 其中所述随机公布的高度有一最大值, 所述最大值与所述随机分布高度之差在所述差值的预定范围内具有均匀概率密度函数。

59. 如权利要求 32 的设备, 其中该设备规定了第一光轴, 至少一些微结构的配量包括一微透镜, 所述微透镜限定第二光轴, 它不平行于第一光轴。

60. 如权利要求 32 的设备, 其中各微结构相对于所有其它微结构以优于 $5 \cdot \lambda_n$ 的精度定位于预定位置, 各微结构的配置以优于 $5 \cdot \lambda_n$ 的精度对应于预定的数学关系式。

61. 如权利要求 32 的设备, 其中设备包括两个间隔开的表面, 多个微结构分布于两所述表面。

62. 如权利要求 32 的设备, 其中:

(a) 设备包括两个间隔开的表面;

(b) 多个微结构分布于所述表面之一; 和

(c) 另一表面是菲涅耳透镜。

63. 应用于光学装置的微结构, 包括(i)弯曲微透镜部分和(ii)直边柱塞部分。

64. 如权利要求 63 的微结构, 其中弯曲微透镜部分具有球形状。

65. 如权利要求 63 的微结构, 其中弯曲微透镜部分具有抛物线形状。

66. 包括多个微结构的光受控扩展设备, 其中各微结构至少一部分由下式描述:

$$s(x,y) = \frac{c[(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2]}{1 + \sqrt{1 - (\kappa + 1)c^2[(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2]}} + \sum_p A_p [(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2]^{p/2}$$

其中 $s(x,y)$ 是所述部分的垂度, c 是预定曲率, (x_c, y_c) 是预定中心点, κ 是预定锥形常数, A_p 是预定非球系数, 而且至少 κ 或 A_p 之一不为零。

67. 如权利要求 66 的设备, 其中:

(a) $\kappa = -1$; 和

(b) 对所有 p , $A_p = 0$ 。

68. 包括多个微结构的光受控扩展设备, 其中各微结构的至少一部分由下式描述:

$$s(x, y) = \frac{c_x(x-x_c)^2 + c_y(y-y_c)^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa_x)c_x(x-x_c)^2 + (1 + \kappa_y)c_y(y-y_c)^2}}$$

其中 $s(x, y)$ 是所述部分的垂度, (x_c, y_c) 是预定中心点, c_x 与 c_y 分别是沿 x 与 y 的预定不等曲率, κ_x 与 κ_y 分别是沿 x 与 y 的预定锥形常数。

69. 包括多个微结构的光受控扩展设备, 其中各微结构的至少一部分由下式描述:

$$s(x, y) = \frac{c_x(x-x_c)^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa_x)c_x(x-x_c)^2}} + \frac{c_y(y-y_c)^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa_y)c_y(y-y_c)^2}} + \sum_p A_{xp}(x-x_c)^p + A_{yp}(y-y_c)^p$$

其中 $s(x, y)$ 是所述部分的垂度, (x_c, y_c) 是预定中心点, c_x 与 c_y 分别是沿 x 与 y 的预定不等曲率, κ_x 与 κ_y 分别是沿 x 与 y 的预定锥形常数, A_{xp} 与 A_{yp} 分别是沿 x 与 y 的预定非球形系数。

70. 包括多个微结构的光受控扩展设备, 其中各微结构的配置以至少一个预定的参数表征, 所述参数按照预定的概率密度函数作随机分布。

71 如权利要求 70 的设备, 其中至少一个随机分布的参数具有均匀概率密度函数。

72 如权利要求 70 的设备, 其中:

(a) 各微结构包括(i)弯曲微透镜部分和(ii)直边柱塞部分; 和

(b) 随机分布参数表征直边柱塞部分。

73. 如权利要求 70 的设备, 其中各微结构由两个预定参数表征, 每一个参数按预定的概率密度函数作随机分布, 两个参数的所述函数可以相同或不同。

74. 如权利要求 73 的设备, 其中每个设备分布参数在该参数的预定范围内具有均匀概率密度函数。

75. 如权利要求 73 的设备, 其中:

(a) 各微结构包括(i)弯曲微透镜部分和(ii)直边柱塞部分; 和

(b) 两随机分布参数之一表征弯曲微透镜部分，另一随机分布参数表征直边柱塞部分。

76、如权利要求 70 的设备，其中微结构的位置按预定的概率密度函数随机化。

77、一种包括多个预定微结构的结构化屏，其中：

(a) 所述微结构包括(i)弯曲微透镜部分和(ii)预定高度可以为零的直边柱塞部分；

(b) 所述弯曲微透镜部分具有预定的直径和预定的最大垂度；和

(c) 对于至少一些所述微透镜，预定的最大垂度与预定的高度之和大于预定的直径。

78、如权利要求 77 的结构化屏，其中预定的直径、最大垂度与高度中至少有一个按预定概率密度函数作随机分布。

79、如权利要求 78 的结构化屏，其中预定的直径在所述直径的预定范围内具有均匀概率密度函数。

80、如权利要求 78 的结构化屏，其中预定的最大垂度在所述最大垂度的预定范围内具有均匀概率密度函数。

81、如权利要求 78 的结构化屏，其中预定的高度在所述高度的预定范围内具有均匀概率密度函数。

82、一种包括多个预定非球形微透镜的结构化屏，其中所述微透镜：

(a) 具有预定的直径与最大垂度；和

(b) 产生的入射光扩展的强度分布比具有同样预定直径与垂度的多个球形微透镜产生的强度分布更平坦。

83、如权利要求 82 的结构化屏，其中预定的直径与最大垂度中至少有一个按预定的概率密度函数作随机分布。

84、如权利要求 83 的结构化屏，其中预定的直径在所述直径的预定范围内具有均匀概率密度函数。

85、如权利要求 83 的结构化屏，其中预定的最大垂度在所述最大垂度的预定范围内具有均匀概率密度函数。

86、如权利要求 82 的结构化屏，其中至少一些微透镜为抛物线形。

87、一种限定一个光轴的包括多个微结构的结构化屏，至少一些微结构包

括一个其光轴不平行于结构化屏光轴的微透镜。

88、一种结构化屏，其特征在于包括：

(a)包括多个同心环形式表面的菲涅耳透镜和

(b)多个分布于至少一些所述多个表面的微结构，所述多个微结构用来控制结构化屏上的入射光的扩展。

89、一种包括多个单元网格和多个微结构的结构化屏，一个微结构于每个单元网格相关联，其中单元网格周边为不规则多边形。

90、如权利要求 89 的结构化屏，其中周边由预定的概率密度函数限定。

91、一种包括多个微结构的结构化屏，至少一些微结构包括一种在第一方向具有第一曲率与在正交于第一方向的第二方向具有第二曲率的微透镜，所述第一与第二曲率中至少有一个按预定的概率密度函数作随机分布。

92、如权利要求 91 的结构化屏，第一与第二曲率都按预定的概率密度函数作随机分布，这两种曲率的所述函数可以相同或不同。

93、一种结构化屏，其特征在于包括：

(a)包括多个内部微结构和多个边沿微结构的第一子屏，各微结构相对于所有其他微结构定位于预定位置，所述预定位置以第一组形成第一拼合图的单元网格为基础；

(b)包括多个内部微结构和多个边沿微结构的第二子屏，各微结构相对于所有其他微结构定位于预定位置，所述预定位置以第二组形成第二拼合图的单元网格为基础；

其中：

(i)第一与第二子屏相互铺盖，所述铺盖在第一子屏边沿微结构与第二子屏边沿微结构之间产生边沿结合；和

(ii)每个第一和第二拼合图在内部微结构之间提供的至少一些内部接合，在光扩展方面对应于至少一些边沿接合。

94、如权利要求 93 的结构化屏，其中每个第一与第二拼合为随机性。

95、如权利要求 93 的结构化屏，其中第一与第二子屏相同。

用于光受控扩展的结构化屏

I. 发明领域

本发明揭示一种由基本组成的光学装置，基本表面可以平坦或弯曲，分布的微结构能在受控的角度范围内扩展(这里也指“漫射”或“散射”)入射光束，在有用范围内具有可控的光强变化。这里把所述装置称为“结构化屏”或简称为“屏”。

本发明的结构化屏用途众多，一般分成两大类，即漫射屏和显示屏。具体而言，结构化屏应用包括(但不限于)照明的均匀化连同作为相机的聚焦屏，在规定的视角范围内提供均匀照明，并应用于背光显示器，液晶平板显示器和其它类型的显示器，既可作为独立的装置，也可与其它必要的硬件配用。

可使用这种结构化屏的器具例子包括(但不限于)照相机，计算机屏、电视机、投影屏、蜂窝电话和一般图像显示设备。

II. 发明背景

A、漫射屏

许多应用场合要求用若干装置在某种有关范围内以期望的光强变化扩展照明光束。本领域通常把这类装置称为漫射屏、漫射板或漫射体。

最简型式的漫射屏由粗糙表面制成，其轮廓图形通常可用高斯统计法描述。为制作这类漫射屏，曾提出过几种方法，这些方法基本上可以分成三类。

首先是基于随机表面结构(毛玻璃)的漫射屏。这类漫射屏售价很低，但是很难控制其漫射特性，这类屏的性能极其有限，只有在要求极为宽松的应用领域中受到关注。

第二类漫射屏通过全息记录斑纹图样制得。在修改漫射图案方面，这类屏比毛玻璃屏更灵活，然而这类全息漫射屏容易产生粒状图像，观看不舒服。而且，与斑纹相关的光强突变，在限定的视角内照明不均匀。

第三类漫射屏包括某种基片的表面按某种轮廓图案修正的漫射屏，其例子有提供光漫射的微透镜阵列。第三类屏比毛玻璃成全息屏更好地控制浮雕图

案。

正如以下美国专利所归纳的那样,为解决光漫射问题,已经作了很大努力。

美国专利 NO.4,427,264 揭示的一种漫射屏,在周期性微透镜阵列上面叠加了一种不规则配置的曲面。目的是保持光漫射特性,同时避免某些与下面的周期性阵列相关的人为现象。各微透镜的曲率平均控制。

美国专利 NO.5,733,710 描述了利用掩模曝光法通过掩模转动而改变微透镜位置所产生的各种微透镜配置,还揭示了将漫射结构与菲涅耳透镜组合在同一块基片的相对两面。

美国专利 NO.4,826,292 提示的制造方法,可获得基于平板显示器应用的微透镜阵列的漫射屏结构。

设计漫射屏必须予以解决的某些问题包括可控的视角、有用视角内可控的光强变化、分辨率、无可视的人为现象和入射照明的有效利用。为了对规定的应用场合全面地控制设计能力并得至可能的最佳漫射性能,必须给以合适的精密使控制表面浮雕图案。

原有技术实现的轮廓控制限于简单的配置,各别结构可能具有某种曲率或光焦度度。具体而言,在制造微透镜阵列的原有技术中,包括美国专利 NO.5,871,653, 5,536,455, 5,324,623 与 5,300,263 所揭示的诸技术。现有的方法均以聚合物熔融、热松弛、离子交换扩散、表面张力作用和蚀刻平滑为基础。这些方法很难控制微透镜形状,除非它近似为球形。

原有技术取得的质量大体上是一种统计过程,因为对用于实现漫射的结构没有严格地控制定位和/或成形。构成阵列的基础结构通常几乎是球形。专利文献中常常发现,构成漫射屏的基础结构只是是被宽松的描述成“弯曲形”,因为很难控制其形状。对于不用弯曲形微透镜描述的其它类浮雕结构,表面只是用统计控制的随机方式如表面轰击得到的。

因此,显然对精良控制的漫射表面提出了要求,其基础微结构精细定义和选择,可满足特定的漫射要求。

B、显示屏

涉及信息显示的应用场合,要求有合适的传输装置让用户以某种形式与信息发生交互作用,以便访问数据库或只是看一场电影。这类系统通常包括:(1)提供照用的光引擎,(2)传递光信息的光学元件,和(3)把目视信息直接提供给

用户的显示屏。在实线中，光引擎和光学元件不被用户看到。

然而，显示屏代表了与用户直接接触的元件，因此要求以可能的最佳方式体现该系统的性能。换言之，显示屏对用户提供了直接的印象，它能提供的图像质量在很大程度上决定了具体系统的接受与否。

与显示屏性能有关的一些问题是效率(亮度)、分辨使(辨认特征和避免混淆作用的能力)、增益(在规定角使范围内的散射)、低斑纹(与某些屏表面设计的随机结构有关的图像的粒度)、对比度(清楚地区分颜色)和环境光干扰抑制(光引擎关闭时，屏发黑)。在设计光引擎、光学元件和显示屏时，这些只是必须要考虑的一些问题，因为这些元件都一起工作。

从习惯上讲，显示屏的设计方法一直与漫射屏的设计方法相同。然而，这样一来，显示屏在不能严密控制微散射体或散射图案形状的屏表面与配用了随机元件。最简单的屏的形式一般为毛玻璃漫射体，其它装置包含了全息漫射体与微透镜阵列。在大多数场合中，通过录制斑纹图案或以随机方式叠加分布微透镜形状而引入某种随机性元件。

因此，对于漫射屏，本领域要求有精良控制的显示屏，其基础性微结构经严格限定和选择，能满足特定的漫射要求。

III. 发明内容

因此，本发明的一个目的是提供一种结构化屏表面，通过控制限定表面的基础结构(微结构)及其在装置表面的相对分布，克服了上述诸缺点。与原有技术依赖于微结构的统计控制与置换相比照，表面形状与相对应空间配置的控制完全是决定性的。本发明方法能够修正光漫射过程的质量，使它适用于范围广泛的应用场合。

本发明与原有技术的主要区别是其精细地形成屏表面形式并随意将它分布在例如零点几微米以内以及以精密方式使基础单元相互定位的能力。基于统计处理的方法达不到这样的精确，因而只能将扩展图案控制到有限程度。精密地限定屏生成的光扩展(散射)图案。依赖于该屏的特征。若只能对屏结构作有限的控制，则对造成的散射作有限的成形。

本发明的结构浮雕表面主要包括两个方面，即基础单元形状和这类单元的空间分布。基础单元的具体形状由所需的光扩展特性限定。特定形状可以假设多种形式，包括(但不限于)球形、抛物线、双曲线、逐段线性、分段多项式、塔形、锥形

或它们的组合。特定的形状影响着不同的扩展，可对任何具体应用所需的扩展作合适的选择。需要的话，可在屏表面不同位置组合不同形状。

除了基础单元的形状以外，还能任意规定这些单元的相对空间配置。为此，我们提出两种不同的全面限定屏表面轮廓的坐标系。关于这些参照框架，能相对于全局框架还能相对它的局部参照坐标系限定微结构的任意空间分布。在本发明的处理中，单元配置以例如零点几微米的精密度遵循任何规定的图案。本发明与原有技术的主要区别在于能按图案分布基础单元，这类图案不仅形状与大小不一，而且相对位置也不同。

根据诸方面之一，本发明提供一种制作结构化屏的方法，该结构化屏提供入射光的期望的扩展，所述结构化屏包括一块基片和多个分布在所述基本至少一个表面上的微结构，所述方法包括：

- (a) 在基片的所述至少一个表面上对所述多个微结构的每一个微结构选择一个位置；
- (b) 对所述多个微结构的每个微结构选择一种配置；
- (c) 对步骤(a)与(b)选择的位置和配置计算入射光扩展；
- (d) 将步骤(c)的扩展与期望的扩展作一比较，必要的重复步骤 (a)~(c) 中至少一个步骤，直到计算的扩展与期望的扩展之间的比较满足某一规定的判据(如角度扩展、匀一性等)；和
- (e) 以优于 $10 \cdot \lambda_n$ 的精度生成多个具有位置与配置的微结构，在步骤(d) 中符合规定的判据，其中是该屏的标称工作波长。

根据另一个方面，本发明提供光受控扩展设备，它包括多个微结构，各微结构相对于所有其它微结构以优于 $10 \cdot \lambda_n$ 的精度定位于预定位置，而且各微结构的配置以优于 $10 \cdot \lambda_n$ 的精度对应于预定的数字关系式，其中 λ_n 是该设备的标称工作波长，所述预定位置和预定数字关系式可让该设备预先计算入射光扩展。

例如，标称工作波长 λ_n 可以是该屏(设备)将使用的波长范围的中点值，或者是该范围内感兴趣的某一特定波长。较佳地，微结构及其位置的精度优于 $5 \cdot \lambda_n$ ，最好优于 λ_n 或其零点几 λ_n 。对于准备应用于可见光范围的屏，这相当于几微米量级的较佳精度和亚微米(零点几微米)量级的最佳精度。为了简化表示，可见光范围的最佳精度等级在本说明书中指各个方面，应该理解，这些参照仅为了便于讨论本发明，并非将本发明限于这一精度等级。

在某些实施例中, 将至少某些微结构的至少一部分的配置选择成:

$$s(x,y) = \frac{c[(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2]}{1 + \sqrt{1 - (\kappa + 1)c^2}[(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2]} + \sum_p A_p [(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2]^{p/2}$$

其中 $s(x,y)$ 是所述部分的垂度, c 是其曲率, (x_c, y_c) 是其中心点, κ 为锥形常数, A_p 为非球形系数。在这些实施例的有些方面中, 对于至少一个 p , $A_p \neq 0$, 或 $\kappa \neq 0$, 或 $\kappa = -1$, 而对于所有的 p , $A_p = 0$ 。具有这三种特性(即对至少一个 p , $A_p \neq 0$, 或 $\kappa \neq 0$, 或 $\kappa = -1$, 而对于所有的, $A_p = 0$) 当中至少一个特性的微结构, 本身就是本发明的一个方面。

在其它实施例中, 将至少某些微结构的至少一部分选成具有如下配置:

$$s(x,y) = \sum_{p=1}^{\infty} B_p (x-x_c)^p + C_p (y-y_c)^p$$

其中 $s(x,y)$ 是所述部分的垂度, (x_c, y_c) 为中心点, B_p 与 C_p 为幂级数系数。

在还有一些实施例中, 至少有些微结构包含一种变形微透镜。对于这些实施例, 将至少某些微结构的至少一部分选成具有如下配置:

$$s(x,y) = \frac{c_x(x-x_c)^2 + c_y(y-y_c)^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa_x)c_x(x-x_c)^2 + (1 + \kappa_y)c_y(y-y_c)^2}}$$

其中 $s(x,y)$ 是所述部分的垂度, (x_c, y_c) 是其中心点, c_x 与 c_y 分别是沿 x 与 y 的曲率, κ_x 与 κ_y 分别是沿 x 与 y 的锥形常数。

或者, 对于这些实施例, 可以配置成:

$$s(x,y) = \frac{c_x(x-x_c)^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa_x)c_x(x-x_c)^2}} + \frac{c_y(y-y_c)^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa_y)c_y(y-y_c)^2}} + \sum_p A_{xp}(x-x_c)^p + A_{yp}(y-y_c)^p$$

其中 $s(x,y)$ 是所述部分的垂度, (x_c, y_c) 是其中心点, c_x 与 c_y 分别是沿 x 与 y 的曲率, κ_x 与 κ_y 分别是沿 x 与 y 的锥形常数, A_{xp} 与 A_{yp} 分别是沿 x 与 y 的高次非球面系数。

第一种形式通常不与非球面系数一起使用, 因为它沿 x 与 y 耦合了曲率和锥形常数。

在还有一些实施例中, 至少有些微结构包含了弯曲的微透镜部分和直边的柱塞(柱形)部分。具有这种微透镜柱塞结构的微结构, 本身就是本发明的一个方面。

图 1 大致示出了这种方式构成的两种微结构, 其中微结构 1 具有最大垂度为 S_1 的球形微透镜部分和直径为 D_1 、高度(偏置)为 P_1 的柱塞部分, 微结构工具有最

大垂度为 S_2 的抛物线微透镜部分和直径为 D_2 、高度(偏置)为 P_2 的柱塞部分, 两个微结构的顶点分开深度 D 。为便于图示, 该图示出了形微结构, 只有两种微透镜配置, 应该理解, 本发明同样用于形微结构、形组合微结构和任何与所有类似的微透镜配置。

在其它实施例中, 至少有些现行结构的至少一部分被选成具有至少一个参数按预定的概率密度函数(如在该参数预定范围内的均匀概率密度函数)随机分布。其微结构具有这类随机配置的屏, 本身就是本发明的一个方面。

几例能随机分布的参数包括: 曲率半径; 最大表面垂度; 微结构横向尺寸(如直径)的参数特征; 对于包括弯曲微透镜部分和直边柱塞部分的微结构(见图 1), 直边柱塞部分的高度; 对于有顶点的微结构, 顶点与屏基片的距离, 或在距离具有最大值时, 该距离与所述最大值之差。

需要的话, 可将一个以上的参数(如两个参数)作随机化, 诸参数的随机化(如概率密度函数可以相同或不一样。如在微结构包含弯曲微透镜部分和直边柱塞部分的情况下, 可用一个随机分布参数表征弯曲微透镜部分, 并用第二随机分布参数表征直边柱塞部分。

在另外一些实施例中, 诸微结构位置形成一规则阵列(如六边形阵列)。在其它实施例中, 位置基于一组形成拼合图(如随机拼合图)的单元网格。对于这些实施例, 屏可以具有内部微结构和边沿微结构, 拼合图在光扩展方面对应于两个屏相互铺盖造成的边沿微结构之间至少某些拼合处的内部微结构之间提供至少有些接合。

在另一些实施例中, 微结构位置按预定概率密度函数随机分布, 如微结构位置以一组随机的多边形边界为基础。

根据还有一些实施例, 屏基片包括两个间隔开的(如主要)表面, 微结构分布于两表面。在另一些实施例中, 微结构分布于表面之一, 另一表面包含菲涅耳透镜。

在另一些实施例中, 屏基片限定了第一光轴, 至少某些微结构的配置包括一块限定第二光轴的微透镜, 第二光轴与第一光轴不平行。这样配置的屏本身就是本发明的一个方面。

根据其另一方面, 本发明提供一种包含多个预定微结构的结构化屏, 其中:

(a) 所述微结构包括弯曲微透镜部分和直边柱塞部分, 后者的预定高度可以以为零;

(b) 所述弯曲微透镜部分具有预定的直径和预定的最大垂度; 和

(c) 对于至少某些所述微透镜, 预定最大垂度与预定高度之和大于预定直径。

根据本发明的这一方面, 预定直径、预定最大垂度和预定高度中的至少一个可以按预定概率密函数作随机分布(如在所述直径、最大垂度和/或高度的预定范围内的均匀概率密度函数)。

根据另一个方面, 本发明提供的结构化屏包含多个预定的非球形微透镜(如抛物线微透镜), 其中所述微透镜:

(a) 具有预定的直径与最大垂度; 和

(b) 产生入射光扩展, 其光强分布比具有同样的预定直径与垂度的多个球形微透镜产生的光强分布更平直。

根据本发明这一方面, 预定的直径与最大垂度中至少有一个可以按预定的概率密度函数作随机分布(如在所述直径和/或最大垂度的预定范围内的均匀概率密度函数)。

根据另一方面, 本发明提供的结构化屏包含:

(a) 包含多个同心环形成的表面的菲涅耳透镜; 和

(b) 分布于至少某些所述表面的多个微结构, 所述多个微结构用于控制结构化屏上入射光的扩展。

根据再一个方面, 本发明提供的结构化屏包括多个单元网格和多个微结构, 一个微结构与每个单元网格相关, 其中单元网格的周边为不规则多边形。在本发明该方面的若干实施例中, 第一与第二曲率都按预定的概率密度函数作随机分布, 对于这两种曲率而言, 该函数可以相同或不同。

根据再一个方面, 本发明提供的结构化屏包括:

(a) 含有多个内部微结构与多个边沿微结构的第一子屏, 各微结构相对于所有其它微结构位于某预定位置, 所述预定位置以第一组形成第一拼合图的单元网格为基础; 和

(b) 含有多个内部微结构与多个边沿微结构的第二子屏, 各微结构相对于所有其它微结构位于某预定位置, 所述预定位置以第二组形成第二拼合图的单元网格为基础;

其中:

(1) 第一与第二子屏相互铺盖, 所述铺盖在第一子屏的边沿微结构与

第二子屏的边沿微结构之间生成边沿接合部；和

(2) 第一与第二拼合图各自在内部微结构之间提供的至少某些内部接合，在光扩展方面对应于至少某些边沿接合部。

在本发明该方面的某些实施例中，第一与第二拼合图都可以是随机的。在另一些实施例中，第一与第二子屏相同。

在附图和下述本发明的详细描述中，可以清楚地看出上述参照的本发明各个方面和实施例的优点。

IV. 附图简介

图 1 是代表本发明微结构的示意图。

图 2 示出两个周期性微透镜阵列形成的衍射图，深度等于 24 微米，用公式(2)算出。标称工作波长 $\lambda_n = 0.6328$ 微米，周期 $\Lambda = 200$ 微米。虚线由曲率为 0.0157 微米⁻¹的球形微透镜形成，实线应用了一系列参数(见公式(4))： $C = 0.0118$ 微米⁻¹， $K = -1.09$ ，不含非球形参数。

图 3 对用于计算图 1 衍射图的阵列的基础单元作一比较，实线指非零锥形的非球形表面，虚线指球形表面。

图 4 表示生成图 1 衍射图所必需的球形与非球形分布曲线的差异。

图 5 是对规则抛物线单元阵列计算的漫射图。

图 6 是对深度变化而节距不变的随机抛物线单元阵列计算的漫射图。

图 7 是对深度与节距都变化的随机抛物线单元阵列计算的漫射图。

图 8 是单次实现随机微透镜阵列的曲率半径的直方图，所述阵列具有曲率半径的均匀概率密度函数。

图 9 是单次实现随机透镜阵列的深度直方图，所述阵列具有曲率半径的均匀概率密度函数。

图 10 是具有六边形单元网格结构的随机微透镜阵列引起的计算的三维散射图。概率密度函数对曲率半径呈均一。

图 11 是单次实现的随机微透镜阵列的曲率半径直方图，对微透镜深度具有均一的概率密度函数。

图 12 是单次实现的随机透镜阵列的深度直方图，对微透镜深度具有均匀概率密度函数。

图 13 是具有六边形单元网格结构的随机微透镜阵列引起的计算的三维散射图。概率密度函数对微透镜深度呈均一。

图 14 是一坐标系示意图,可用于在屏的一个或多个表面上限定基础结构(微结构)的空间定位。为简便起见,只示出一条上维曲线。 (X, Y) 构架指全局坐标系, (x, y) 构架指与各个微结构有关的局部坐标。

图 15 示出安排在规则方格上的基础单元,各单元(用圆圈代表)位于单元网格(含圆圈的方格)的中心,尺寸不大于网格。网格中心用十字记号表示。

图 16 示出基础单元在恒定占空因数方格上的配置,各单元的中心与单元网格的中心有偏移。

图 17 示出基础单元在可变占空因数方格上的配置,各单元的中心相对单元网格的中心偏移。

图 18 示出基础单元在 100%占空因数方格上的配置。各基础单元的边界用虚线指示,但单元本身只限定在单元方格内。各单元的中心可以偏离方格中心。

图 19 示出排列在 100%占空因数规则六边形格上的基础单元。

图 20 示出分布在一组随机多边形单元边界上的基础单元。图中只示出边界轮廓图。采取 Voronoi 图形式(见 Lectures on Random Voronoi Tessellations, Jesper Moller, New York: Springer-Verlag, 1994)。

图 21 示出本发明一些实施例的结构化屏,厚度为 τ 的基片两面构成各基础单元的阵列。

图 22 示出有垂直偏移的三角形基础单元组成的漫射屏阵列(实线)计算的衍射图,相比较的是无这种偏置的规则阵列(虚线)。

图 23 是照明源、菲涅耳透镜与微透镜阵列的示意图。

图 24 是原有技术集成了屏与菲涅耳透镜的示意图。

图 25 是在单个表面上组合了漫射与菲涅耳准直的示意图。

图 26 示出工作于红外区的 10 微米深的球形微透镜规则阵列计算的散射图。

图 27 示出对工作于红外区的 10 微米深的三角形微结构规则阵列计算的散射图。

图 28 示出对工作于红外区的 10 微米深的双曲线微结构规则阵列计算的散射图。

图 29 示出对工作于可见光区的 12 微米的深球形微结构规则阵列计算的散射图。

图 30 示出对工作于可见光区的 20 微米深的球形微结构规则阵列计算的散射图。

图 31 示出对工作于可见光区的 20 微米深的抛物线微结构规则阵列计算的散射图。

图 32 示出球形微透镜(直径 100 微米, 最大垂度 10 微米)的规则阵列。

图 33 示出同一球形微透镜(直径 100 微米, 最大垂度 10 微米)阵列, 随机垂直偏移为 ± 2 微米。

图 34 示出 100 微米直径与 10 微米最大垂度的同一球形微透镜阵列计算的散射分布曲线。垂直微透镜定位包括 ± 2 微米最大垂直偏移。

图 35 示出对工作于可见光区的直径 100 微米、最大垂度 10 微米的同一球形微透镜阵列计算的散射图, 有和没有 ± 2 微米最大垂直偏移。

图 36 示出微结构的方形配置。

图 37 示出微结构的六边形配置。

图 38 示出微结构由随机多边形边界限定的随机配置。

图 39 示出拼合图空间配置的屏。注意, 这种配置自然呈现出微透镜的相对位移与铺盖, 即拼合图在内部微结构之间具有至少某些接合点, 在光扩展方面对应于两块屏相互铺盖而在边沿微结构之间造成的至少某些接合点。

图 40 示出垂度范围为 5~15 微米、直径为 100 微米的球形微透镜的垂度出现率与曲率半径出现率(曲率半径的 PDF 均匀性)。

图 41 示出垂度范围为 5~15 微米、直径为 100 微米的球形微透镜的垂度出现率与曲率半径出现率(垂度的 PDF 均匀性)。

图 42 示出计算的散射图, 表示概率分布函数对随机球形微透镜阵列的散射图产生的影响, 微透镜的垂度为 5~15 微米。透镜直径为 100 微米, 垂直偏移 ± 2 微米。

图 43 示出六边形配置的球形微透镜阵列。各微透镜的直径为 0.5 毫米, 最大垂度 2~8 微米。垂直偏移也为 ± 2 微米。

图 44 示出由图 43 的结构化屏得到的计算的三维散射图。

图 45 示出图 44 中散射图沿两个垂直方向的截面。

图 46 是六边形显示屏计算的散射图。

图 47 示出六边形的变形微透镜(平均直径 50 微米)阵列。竖条表示微透镜的深度。

图 48 示出变形拼合阵列计算的散射图。

图 49 示出变形微透镜拼合阵列。竖条表示微透镜深度。

V. 发明的详细描述

A. 衍射公式

本发明的结构化屏应用适合制成屏使用条件(近场、远场、有或没有聚焦镜等)的衍射公式设计。

为便于说明,研究一种在照明波长 λ 下工作于远场的结构化屏。在观察平面某一点 (u, v) 的场 f 由该结构化屏 $s(x, y)$ 的表面浮雕结构或形状的富里叶变换给出,公式为(Introduction to Fourier Optics, J.W.Goodman, McGraw-Hill Publishing Company, New York, 1968):

$$f(u, v) = \frac{\exp(ikz)}{i\lambda z} \iint \exp \left[ik[n(\lambda) - 1]s(x, y) - i \frac{2\pi}{\lambda z}(xu + yv) \right] dx dy, \quad (1)$$

其中 $h = 2\pi/\lambda$ 限定了波矢的幅值, $n(\lambda)$ 给出波长 λ 的折射率。坐标 (x, y) 定义了屏平面的某一点。

整个表面的整体可以分成整数 N 个网格 D_j , $j=1, \dots, N$, 完全覆盖着基片表面。在其最一般形式中,各网格所包含的某一微结构的形状,可以表示为局部表面形状 S_j , $j=1, \dots, N$, 通常在 $p \neq q$ 时, $S_p \neq S_q$ 。现在可将场 f 写成

$$f(u, v) = \frac{\exp(ikz)}{i\lambda z} \sum_j \iint_{D_j} \exp \left[ik[n(\lambda) - 1]S_j(x, y) - i \frac{2\pi}{\lambda z}(xu + yv) \right] dx dy. \quad (2)$$

上述表达式表明在设计本发明的结构化屏时所涉及到的诸要素。第一要素是各要素 $s_j(x, y)$ 的形状。第二要素是网格 D_j , 其中含有各别的要素。原有技术只能有限地控制基础函数 $S_j(x, y)$, 除非保证一定的聚焦能力, 而且网格通常为方形或六边形。

本发明改进了以前的诸方法, 即(i)把形状 $S_j(x, y)$ 严格限定在例如亚微米精度; (ii)相对于任何其他网格, 精密地限定各网格 D_j 域的空间定位, 和(iii)能精密地限定网格形状 D_j , 不只限于方形或六边形阵列, 而能假设实现期望扩

展图案所需的任何形状。

B.表面限定

(1)微结构本身

结构化屏任一面或两面的表面浮雕图案负责扩展入射照明。该图案的目的是通过规定的配置合基础单元的选用面成形漫射的照明，这些基础单元通常相互不同，并根据期望的光束成形要求相互移离一定距离。

在一般形式中，各基础单元的形状可以用分段函数表征的线段限定。一般形状可以假设成连续形式或断续形式，也可对入射照明赋予聚焦能力。各别单元地具体形状在成形漫射光时很重要。因此，根据本发明，为了修正漫射分布曲线，基本形状要精密地控制。

如图所示，图 2 示出两个规则阵列的漫射图，两阵列的浮雕深度相同，但是两阵列中各基础单元的形状不同。在这两种情况中，浮雕总深度相同。图中，图形差异很明显。

图 3 对两阵列每一形状的分布曲线作了比较，图 4 示出这两条分布曲线的差异。注意，为实现图 2 中两条曲线所示出的这类漫射控制，必须保证微结构浮雕控制在例如几微米的量级。

为了强调基础单元形状的重要性，从光栅原理得知，一方面光栅周期与波长决定了衍射级的发散角，另一方面光栅分布曲线决定了功率在序列间的分布。例如，可将三角形炫耀光栅设计成单序列 100%理论效率。另一方面，可以得到在多个序列上扩展入射照明的习惯形状。这样控制光扩展只有正确地选择光栅的基本形状才可行。

如上所述，为了实现光漫射，原有技术通常依赖于球形基础单元。球形状可用下式表示：

$$s(x,y) = \frac{1}{c} - \sqrt{\frac{1}{c^2} - [(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2]}, \quad (3)$$

其中 c 表示表面曲率， (x_c, y_c) 为中心点。由该式可知，能控制漫射的唯一自由度就是曲率或聚焦能力。

为了引进附加的自由度并允许类别更广泛的表面，可把表面形状写成：

$$s(x,y) = \frac{c[(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2]}{1 + \sqrt{1 - (\kappa+1)c^2[(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2]}} + \sum_p A_p [(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2]^{p/2}, \quad (4)$$

可以发现, 锥形常数 κ 和非球形项 $\{A_p\}$ 与公式(3)相比都是的自由度。对所有的 p , $\kappa=0$ 和 $A_p=0$ 的特定情况下, 可得到球形形状。自由度多了, 就能更好地控制漫射图而满足特定的系统要求。

虽然公式(4)允许实现范围广泛的形状, 但是仍限于非球形校正的锥形表面。然而, 根据本发明, 能实现由数学关系式规定的任何一种表面, 包括基于算术处理的数学关系式。一般而言, 可在微结构边界上将表面描述为一个分段函数, 因而在每个区间内, 可将该表面扩展成幂级数形式:

$$s(x, y) = \sum_{p=1}^{\infty} B_p (x - x_c)^p + C_p (y - y_c)^p, \quad (5)$$

其中 (x_c, y_c) 为中心点, $s(x, y)$ 限定在微结构有限的区域内。于是, 可在整个微结构区域内以分段方式限定总函数。

此外, 本发明还允许各微结构的分布曲线通过所有或部分阵列变化, 各微结构仍被控制于例如亚微米精度, 这样就能使漫射光均匀, 而且避免了周期性阵列造成看得见的人为现象。

从制造的观点看, 实施规则阵列有一定优点, 不过屏的性能可能不令人满意, 因为图象有人为现象, 如高频强度变化。另外, 由于阵列一般不符合所有类型的系统标准, 所以光漫射的控制作用受到限制。在某些宽带应用中, 由于谱色散的平滑作用有助于尽量减少光栅结构造成的图象人为现象, 可以采用规则阵列。

对于直径为 100 微米、深度为 5 微米的抛物线微透镜, 图 5 示出了规则阵列的行为。入射照明属于 400~700 纳米谱段。可以看出, 虽然实现了漫射, 但是存在高频强度变化, 可见到高次分量。

图 6 示出抛物线规则阵列得到的漫射, 阵列直径为 100 微米, 深度在若干统计上同样的屏配置平均的 5~10 微米范围内随意选择。强度漫射可用四阶超高斯描述, 在 $1/e^2$ 强度点测得的角度扩展约 7.7 度。随机化避免了高频结构和高次衍射角。注意, 这些计算假定空间相干光束入射在孔上。在实线中, 局部相干效应可进一步减小强度扰动。

图 7 示出抛物线单元的另一种漫射图, 随机深度为 5~10 微米, 各单元的直径尺寸随机选择, 相对于 100 微米的标称直径, 变化 $\pm 20\%$ 。与图 6 图案的主要差别是洛伦兹形状的细长尾部。

对漫射过程的控制取决于微结构相互不同的具体方式。一般说来,对于选择的具体参数,这一可变性可用某一概率分布函数(PDF)表示。例如,若阵列呈现出随机曲率半径的微透镜结构,就有某个 PDF 规定整个阵列的曲率半径如何变化。同样地,该 PDF 可能指锥形常数、指定微结构的深度、指定微结构的位置、指定微结构的尺寸,这些参数的任意组合,或者任何其他有关的参数或它们的组合。

在所有情况下,PDF 可以随意规定,并相应地构制某一阵列。实际阵列与描述它的 PDF 之间的严密相依性,要求例如以亚微米精度制作每个基础微结构。限定 PDF 的方法主要取决于期望的漫射图特性,而且,可以是决定性的或统计上的特性。

为了说明具体选择 PDF 的作用,研究一下六边形配置的二维球形微透镜阵列。各微透镜有一外部圆周,直径为 750 微米,总垂度为 4~16 微米。首先研究 PDF 的曲率半径均一的情况。对一指定实现的阵列,图 8 和 9 分别示出了半径与微透镜垂度的直方图,图 10 示出相应的漫射图。

现在研究垂度范围相同组 PDF 在垂度中而不是曲率半径中均一的随机阵列。对一指定实现的阵列,图 11 和 12 分别示出了半径和垂度直方图,图 13 示出相应的漫射图。对这两种情况,PDF 的差异造成根本不同的阵列,比较一下图 10 和 13,很容易看到该差异反映在得到的漫射中。

(2)微结构的分布

如上所述,准确地描述屏表面要求两个基本要素。第一要素是微结构本身,如上所述,它可以有任一特定形状。第二要素是各微结构的相对空间位移,各微结构相互之间例如以亚微米精度作空间位移。这两个要素与照明该屏的光的特性一起以独特的方式决定了该屏的漫射特征。各微结构的形状相对漫射的功能特性具有主要作用,而微结构的相对空间位移决定了漫射的空间对称性或使其缺乏空间对称性。

为了在屏表面精密地限定微结构的相对空间位移,规定了两套与屏相关的基本坐标系。全局坐标系可以相对屏任意定位,并限定一构架,使各微结构相对于某一任意参照点,如微结构的顶点、尖端或任一其他单元定位。

局部坐标系是与各微结构相关的另一坐标系。在该局部参照构架内,微结构的表面形状可以按函数 $s(x-X_k, y-Y_k)$ 限定, S 指微结构的函数形式, (x, y)

指局部坐标系中的某一点,而 (X_k, Y_k) 是第 k 个局部坐标系相对全局参照构架的位置, k 从1到屏上出现的微结构总数。图14是这两种参照构架的示意图,为简化起见,示出了二维状况,应该理解,一般情况为三维。

对于全局坐标系,可以区别沿屏表面或与之垂直定位的微结构。沿该表面,本实施例的各种实施方式包括规则的周期性阵列、相邻微结构之间的距离作为位置的函数而变化的随机阵列、如在方形或六边形阵列中严格限定了边界的微结构、各微结构的尺寸与形状作为屏上位置的函数而变化的随机边界微结构,或者在屏两面定位的结构。

图15~21示出可行的配置实例。对于包含随机成分的情况,这类成分将以概率密度函数(PDF)限定。

在与屏表面垂直的方向,各微结构相互有垂直偏移,也称为柱塞。柱塞的出现与减少漫射图(斑纹)中高频强度变化以及避免出现发热点有关,发热点是漫射图的隔离区,呈现的强度比整个图的平均强度高得多。

任何特定场合中使用的柱塞量将取决于屏上的照明特性,不过一般应相当于几个照明光波长。而且,相邻微结构的柱塞成份的幅值一般按PDF而随意变化,除非希望在漫射图中引入某种偏置。

对于三角形基础单元,图22示出垂直偏移对衍射图的作用。对于光栅周期为200微米、深度为5微米的规则阵列,波长为0.5微米的光聚集于以角距离为-0.14度为中心的衍射级,角度发散为0.006度。图22用虚曲线表示相应的衍射图。另一方面,实线是统计上同等的三角形单元阵列的一组平均结果,最大偏置(柱塞)为2微米。该偏置服从均匀概率分布函数。

引入偏置而得到的漫射要多一个量级。但须注意,这种漫射程度为被分析的炫耀光栅所特有。一般而言,漫射度与形状有关。但作为一般规则,偏置有助于漫射图平滑,因为它有助于消除周期性光栅结构造成的人为现象。

(3)菲涅耳功能

除了其漫射功能外,本发明的分布型微结构可以组合使用,实际上可以构成菲涅耳透镜,其目的是准直本来会发散的光束。

在原有技术中,通常假定使用了菲涅耳透镜,图23示出了一般装置。曾经试图在基片的一面配备菲涅耳功能,与第二面有关的漫射特征如图24所示。本发明的屏可以与上述图示类型的菲涅耳透镜一起使用。

然而，为在不同的表面提供两种功能的最终的屏，这些方法要求若干处理步骤。根据本发明，通过在一个屏表面上结合漫射与菲涅耳两种功能，可以减少这种处理步骤。

如上所述，根据本发明，可以在限定结构化屏的参照构架中精密地控制各微结构及其空间定位。除了平移和把柱塞当作空间位移元件以外，还可以转动各个单元。重要的是，这种转动能够实现菲涅耳透镜功能。

具体地说，如图 25 所示，在结构化屏中，菲涅耳透镜的功能只要求转动各个具有聚焦能力的微结构。在图中可以看出，各个微透镜的光轴并不平行于整个屏的光轴。尽管该图中未清楚地导出，但是该屏的光轴通常就是屏基片的光轴。通过以这种方式使微结构定向，漫射与菲涅耳准直特征不仅集中在单块基片上，也集中在单一表面上，从而减少了生成该屏所必需的处理步骤的数量，能在单一步骤中大量复制。

C. 制造

生产上述类型能高度重现和精确的屏表面的能力，需要一种能一致性制造并具有逐点精度的制造方法。虽然能应用其它技术，但是最合适的方法是直接激光刻写法，用激光束以可变强度扫描正确制备的基片。

在这种方法中，如将玻璃等基片涂布一种低反差的光敏聚合物(光致抗蚀剂)，曝光后，在潜像中记录下激光束限定的曝光图案。光敏材料一般微正片，基片显影时，曝光材料消失，留下表面浮雕结构。

这种表面浮雕结构基本上限定了期望的屏表面，或者它的互补物。见一般转让的美国专利申请 No.60/222, 032，该申请于 2000 年 7 月 31 日以 Geoffrey B.Gretton、G.Michael Morris 与 Tasso R.M.Sales 的名义提交，题为“Microlens Arrays Having High Focusing Efficiency”。其内容整个通过引用包括在这里。

由光致抗蚀剂显影得到的表面浮雕结构，可能并非是期望的依赖于制造过程特定性能特征的结构，即制造过程本身会引入最终制造不希望有的特征，加工时要予以考虑。例如，由于刻写的激光束具有有限的尺寸，显影后的最终表面呈现出激光曝光系统限定的型面，缠绕了所用激光束的形状。在某些场合中，出现缠绕会损害屏的功能，但在其他场合中必须避免这种情况。当然，性能要求和操作条件决定了制造容差与限制。

留在基片表面上的表面浮雕图形可以作为原始模型，可以根据若干可行的

技术获取大量复制品, 这些技术包括在紫外线固化材料上作浇铸、注塑或压缩模和基片的反应离子蚀刻。

1998年6月9日提交的一般转让的美国专利申请 No.09/094,340, 描述了一种特别佳的形成本发明结构化屏的技术, 该申请题为“Method for Making Optical Micro-Structures Which Can Have Profile Heights Exceeding 15 Microns”, 于1999年12月16日公布为PCT专利公报 No.WO99/64929, 其整个内容通过引用包括在这里。应用这些技术, 微结构形状精度与定位可达到例如零点几微米以内。再者, 运用这些技术生产耐用工具, 可以大批量地廉价生产本发明的结构化屏。

VI. 例子

下述非限制性实例说明了利用上述技术设计结构化屏的情况。在每一例子中, 在每一各别位置以足够高的精密度控制屏表面的诸特征, 从而使光扩展(散射)图案在观看者一般位置的远场中精确地成形(控制)。具体而言, 由于详细了解了散射表面, 所以能用衍射方程可靠地模拟其光单行为, 从而决定该屏预期的性能和制造该屏时设计的容差。

如上所述, 为便于修正散射图, 需要运用若干自由度。自由度基本上可分成局部分量与全局分量。屏本身包括用来产生期望散射作用的微单元(微结构), 各微结构可用一组参数限定, 这些就是局部分量。如在微透镜场合中, 局部参数可以是曲率半径、锥形常数、直径等。全局参数规定了局部参数必须遵循的法则(如概率分布函数)和各微结构相互的空间定位。

如上所述, 为了限定微结构的空间配置与定位, 可以用某种便于设置的坐标系限定各微结构的中心与全局原点, 也可以与为以数学方法限定该微结构提供必要参照的局部坐标系发生联系。通过应用局部与全局分量, 可将屏生成的散射图成形到几乎无限的程度。

下面的实例说明了各种全局与局部参数对屏散射图所产生的作用。具体而言, 实例1表明局部自由度在散射图成形中的主要性, 实例2和3分别说明微结构在屏表面上的垂直编置与一般空间安置, 实例4针对屏参数的随机化。最后, 实例5与表示应用本发明来生产漫射屏与显示屏。

参照与说明相对应的附图对各实例的结构化屏的说明, 在实例结束时提出

了“屏设计表”。

实例 1: 微结构成形作用

本例表明各微结构成形在修正光扩展图矛盾面的重要性。

先研究一种同样微结构的规则阵列,其形状可以表示成一个或多个参数的函数,其中有些参数为随机变量。例如,球形微结构的垂度函数为 $R-(R^2-r^2)^{1/2}$,其中 R 指曲率半径, r 是离原点的径向位置。根据该定义,该阵列包括曲率半径可变的球形微透镜。整个屏表面各微结构的尺寸相同,因而出现的随机性限于某一特定参数,即球形微透镜的曲率半径。

先研究由硅制作的工工作于红外区(波长 2-4 微米)的屏。图 26 示出直径为 100 微米的球形微透镜阵列的远程散射分布曲线,微透镜垂度定为 10 微米。

现在若用形状不同的另一种微结构代替该球形微透镜,如三角形,就得到图 27 的散射图。注意,各微结构是等腰三角形,底边 100 微米,深 10 微米,即基本尺度与球形阵列一样。由于该阵列更类似于三角形光栅,所以观察到两个对应于两个主衍射级的独立强度峰。

作为另一实例,研究一种双曲线分布图,曲率半径 $R=120$ 微米,锥形常数 $\kappa=-2$ 。根据这些参数,对于 100 微米直径,微透镜垂度仍为 10 微米。如图 28 所示,尽管一般散射图类似于球形微透镜的散射图(见图 26),但是在图极限值处,峰强度增大了。

随着数值孔径的增大,图 26-28 所示微结构形状的作用甚至更强了。

作为微结构形状作用的另一例子,研究一种用丙烯酸设计成工作于 400-700 纳米的屏。该屏由直径为 50 微米的球形微透镜规则阵列组成。图 29 和示出这种阵列两种微透镜深度的散射图,即图 29 为 12 微米深,图 30 为 20 微米深。从这些图可以看出,在成形屏散射图方面,微透镜深度是另一个参数。

图 31 示出的抛物线微透镜形状,总垂度(总深度)为 20 微米。与球形成任何其它图相比,该抛物线图可以产生相当于平坦的散射图(结果是高增益)。在垂度下限处,球形与抛物线图很少有区别,散射几乎相同。然而,随着微透镜垂度增大,两图的差异不再可以忽视,这种差异直接反映在散射作用上。

这里学到的主要经验在于,可用微结构的形状控制散射图的形状。我们还举出一些实例说明散射的可变性是应用形状的函数。反过来可以限定某种感兴趣的散射图,并运用优化算法计算最接近期望散射图的垂度分布曲线。

最后要注意，虽然上述实例限于规则阵列，但是为了避免阵列周期性造成的影响，总希望研究随机阵列。利用随机化，可在散射击图中将大的强度扰动减至最小。另外，还便于消除不希望有的视觉效应，如两种局部周期性图形相叠加造成的混淆或莫尔条纹。然而，随机化并不明显改变规则阵列观察到的基本形状，只是使它更均匀更耐用。

实例 2：垂直偏移的作用

如实例 1 所示，微结构型面基本上决定一散射图的形状与发散范围。型面随机化有助于减少高频振荡并得到更平滑的图形。根据工作谱带，会出现损害屏性能的发热点(见图 26)。

有利于使散射图均匀并提供另一个有助于减小发热点影响的参数的要素是微透镜的垂直偏移或柱塞，其作用基本上是使微透镜沿其对称轴位移一有限量，最后结果是微结构顶点或原点的相对位置作为其在屏上的位置的函数而变化。

为了说明该作用，再次研究用来产生图 26 的阵列，即直径为 100 微米、垂度为 10 微米的球形微透镜。图 32 和 33 分别示出无柱塞和有柱塞的屏型面的截面。与图 26 的图形相比较的图 34，示出了偏置对散射图产生的作用。在图 34 中，显然消失了中央发热点。

如垂直偏移的均一效果所示，研究图 33 所示同样的球形微透镜阵列，不过现在工作于 400-700 纳米的可见光区而不是红外区。图 35 用实线与虚线分别示出有垂直偏移和无垂直偏移的散射图。

上述结果明显显示了垂直偏移在减少发热点和使散射图均一方面所起的作用。单单利用这一作用或者结合其它随机化，可以得到视觉人为现象或强烈强度扰动最少的平滑散射图。

实例 3：微结构的空间配置

与散射图密切相关的限定性全局参数是微结构在屏上的空间配置。空间配置的主要影响反映在散射图全对称性上。

例如：图 36 的规则方形阵列产生一种类似于矩形的三维图，具体取决于微透镜局部结构形成的发散角。另一方面，图 37 的六边形阵列产生无边形的散射图，沿一个方向比另一方向延伸得更多，具体依赖于微透镜结构形成的发散角。

除了几何因素以外,在许多方面,全对称性限主要,其主要原因是它影响着能量如何集中在观察平面内。例如,对于类似空间延伸的图形,图 37 的无边形配置比图 36 的方形阵列聚集更多的光,结果六边形阵列产生的散射图呈现更大的增益,即在规定的角度范围内比同等的方形阵列散射得更多。

除了增益外,在研究实施某种特定空间配置时,还存在一些开始起作用的重要的制造问题。例如由于有拐角,方形阵列通常比六边形阵列更深,因而更难以制造。

根据透视的散射图,最关切的两个因素是强度分布曲线的形状和发散角。形状由微结构分布曲线(垂度函数)控制-发散角由该分布曲线的斜率(垂度函数的一次系数)控制。

因此,只要对正确限定的平滑图形使各条分布曲线随机化而提供期望的发散角,微结构的具体尺寸和分布似乎无关紧要。但在视觉系统中,存在着与微结构的配置相关联的附加作用,这些作用在散射图中并不明显,反映了投射图像与存在分立的各微结构引起的取样作用的互作用。

这种在作用的简单例子就是混淆现象,在商业数字相机摄制的高频特征照片上很容易看到。另一个作用是出现色带,仍然是有限取样和投射图像中色分布引起的。与远场中的屏性能无关,除非散射单元足够小,否则仍会产生取样引起的作用并要求解决。

完全消除这些影响的一种办法是使用放弃微结构规则空间配置的屏设计方案。这可以通过应用一种微结构以局部参数与空间边界表征的屏设计方案来实现,其中空间边界是围绕该微结构的密实线。例如,对于方形阵列,边界为方形,对于蜂窝阵列,边界为六边形。

在一维尺度中,使用可变直径圆柱体可以避免规则空间配置。在二维尺度中,边界最一般的形式是多边形曲线。在整块屏中限定微结构边界的整组多边形曲线,通常(但不必总是)排列成图 38 那样的密实形式。另一种也能避开规则空间配置而且更容易实施的可行配置方法,则应用矩形或其它形状的网络束构成图 39 所示的微透镜拼合分布。拼合或一般的多边形界的具体优点在于,减少了将两块或多块屏阵列铺盖成更大屏而造成的缺陷的影响。

实例 4: 随机化处理

避免出现屏上微结构周期性重复造成的人为现象的有效方法是应用随机

化。随机化可应用于局部参数或全局参数，需要的可同时应用于这两种参考数。

任何一组随机数字都满足某种概率分布函数(PDF)，该函数基本上限定了在允许的参数范围内选择一指定值的概率。由于其简洁性和在大多数计算机中的可得性，较佳的 PDF 就是均匀 PDF。在这种场合中，对参数范围内的每个值指定同样的概率。利用准确地成形屏内各个微结构的能力，在随机化中准备使用的具体 PDF 不必限于几种特定类型，可以假定某种任意形式。另外，依据期望的散射图特征，不同的参数可以接受不同的 PDF。

为了便于说明特定 PDF 指定的效果，研究 100 微米直径球形微透镜随机阵列的情况，其最大垂度为 5-15 微米，垂直偏移为均匀 PDF 随机化 ± 2 微米。

于是，微透镜本身随机化的有效参数只是各微透镜的曲率半径与最大垂度。然而，除了被采纳的 PDF 的特定函数形状以外，根据该 PDF 是指曲率半径还是指最大透镜垂度，实现随机化还有两种不同的步骤。由于垂度与曲率半径直接相关，所以该 PDF 也将与之相关。

这一效果示于图 40-41 中。在图 42 的散射图中，示出了改变应用均匀 PDF 的参数结果，图中实线代表垂度中均匀 PDF 的图形，虚线代表曲率半径中均匀 PDF 的图形。由图可知，利用垂度的均一分布，散射图倾向于在更大的角度范围内扩展。这一更大角度散射是对垂度均一分布增加了深垂度透镜单元的数量造成的。

根据散射技术指标，除了均一分布以外，可能希望应用其它一些概率分布函数。例如，高斯分布能将某一参数(如垂度或半径)集中于一指定的平均值。对可以应用的 PDF 类型不加限制，唯一的限制由期望的系统性能决定。对大多数应用而言，均一分布倾向于选择分布，主要在于其简法性。在许多感兴趣的场合中，这是以满足系统要求了。然而，实施任意 PDF 的选择能力为修正散射图提供了重要的自由度。

实例 5：漫射屏

如上所述，屏一般可以分布成两大类，即根据在两种应用场合涉及的不同要求，分成漫射屏与显示屏。

尽管两类屏都可用来在比不用屏作扩展的面积更大的区域均匀地扩展入射照明光，但是显示应用通常涉及到一些与外部用户目视交互作用相关的附加要求。另一方面，漫射屏不一定要求目视应用。

例如，与不配屏的情况相比，光学探测系统可能对某一指定谱带要求更大的均匀焦点。没有目视性能要求，通常使漫射屏更容易设计，因为只要专注于漫射图的大小和形状就行了。而且，要求的角度扩展倾向于较小，意味着可以使用更便于制作的浅微结构。

作为一个例子，研究在 2-4 微米谱范围内以 10 毫米距离聚焦的等于 4 毫米的输入光束。根据这些参数，全发散角约为 0.14 度。然而，假定要求半最大值全发散 26 度的光束，这可以用图 43 的微透视阵列实现。图 44 示出谱范围内平均得到的衍射图，图 45 示出该散射图的截面。

实例 6：显示屏

如上所述，除了将照明光扩展成为具有一定散射分布的特定角度范围以外，作显示应用的屏通常提出一些挑战，这里仅涉及与散射图特性有关的那些要求。如色彩、对比度与各种主观变量等目视要求，涉及到不易用衍射计算法模拟的问题，直接观察屏采样上的测试图像能更好地评估这些要求。

与漫射屏第一个直接区别是显示屏局限于光谱的视觉部分。第二个主要差别是显示器一般要求更大的角度范围，通常扫描总计 100 度有效视场。此外，垂直与水平方向的角度发散不同。

图 46 示出一例显示屏散射图，沿快轴的发散度为 36 度(估计增益为 4.9)，而沿慢轴约 17 度(估计增益 16.9)。该图形用图 47 所示变形微透镜六边形阵列产生。

图 48 示出变形拼合阵列产生的另一例子，一部分阵列半身示于图 49。对于这种拼合设计，对各个微透镜单元和矩形边界尺寸(一个方向为 25-30 微米)，另一方面为 45-50 微米)都引入了随机度。沿快轴的发散度为 33 度(估计增益为 5.5)，沿慢轴约 15 度(估计增益为 9.6)。

虽然已描述并图示了本发明的诸特定实施例，但是本领域的技术人员将明白，可以作出各种修正与变更而不背离本发明的粘绅和范围。因此，下述权利要求首先包罗这里所提出的这些特定实施例以及这类修正、变更与等效技术方案。

屏设计表

图 26

阵列类型	圆柱形
------	-----

空间配置	密实型
微结构直径	100 μm
微结构图形	球形
微结构垂度范围	10-10 μm
总阵列深度范围	10 μm
微结构随机化 PDF	规则阵列
垂直偏移	0 μm
偏移随机化 PDF	不适用
波长范围	2-4 μm

图 27

阵列类型	圆柱形
空间配置	密实型
微结构直径	100 μm
微结构图形	三角形
微结构垂度范围	10-10 μm
总阵列深度范围	10 μm
微结构随机化 PDF	规则阵列
垂直偏移	0 μm
偏移随机化 PDF	不适用
波长范围	2-4 μm

图 28

阵列类型	圆柱形
空间配置	密实型
微结构直径	100 μm
微结构图形	球形
微结构垂度范围	10-10 μm
总阵列深度范围	10 μm

微结构随机化 PDF	规则阵列
垂直偏移	0 μm
偏移随机化 PDF	不适用
波长范围	2-4 μm

图 29

阵列类型	圆柱形
空间配置	密实型
微结构直径	50 μm
微结构图形	球形
微结构垂度范围	12-12 μm
总阵列深度范围	12 μm
微结构随机化 PDF	规则阵列
垂直偏移	0 μm
偏移随机化 PDF	不适用
波长范围	0.4-0.7 μm

图 30

阵列类型	圆柱形
空间配置	密实型
微结构直径	50 μm
微结构图形	球形
微结构垂度范围	20-20 μm
总阵列深度范围	20 μm
微结构随机化 PDF	规则阵列
垂直偏移	0 μm
偏移随机化 PDF	不适用
波长范围	0.4-0.7 μm

图 31

阵列类型	圆柱形
空间配置	密实型
微结构直径	50 μm
微结构图形	抛物线形
微结构垂度范围	20-20 μm
总阵列深度范围	20 μm
微结构随机化 PDF	规则阵列
垂直偏移	0 μm
偏移随机化 PDF	不适用
波长范围	0.4-0.7 μm

图 32

阵列类型	圆柱形
空间配置	密实型
微结构直径	100 μm
微结构图形	球形
微结构垂度范围	10-10 μm
总阵列深度范围	10 μm
微结构随机化 PDF	规则阵列
垂直偏移	0 μm
偏移随机化 PDF	不适用
波长范围	0.4-0.7 μm

图 33

阵列类型	圆柱形
空间配置	密实型
微结构直径	100 μm
微结构图形	球形

微结构垂度范围	10-10 μ m
总阵列深度范围	10 μ m
微结构随机化 PDF	规则阵列
垂直偏移	$\pm 2\mu$ m
偏移随机化 PDF	均匀
波长范围	0.4-0.7 μ m

图 34

阵列类型	圆柱形
空间配置	密实型
微结构直径	100 μ m
微结构图形	球形
微结构垂度范围	10-10 μ m
总阵列深度范围	10 μ m
微结构随机化 PDF	规则阵列
垂直偏移	$\pm 2\mu$ m
偏移随机化 PDF	均匀
波长范围	0.4-0.7 μ m

图 36

阵列类型	二维
空间配置	方格密实型
微结构直径	100 μ m
微结构图形	球形
微结构垂度范围	10-10 μ m
总阵列深度范围	10 μ m
微结构随机化 PDF	规则阵列
垂直偏移	0 μ m
偏移随机化 PDF	不适用

波长范围	0.4-0.7 μm
------	-----------------------

图 37

阵列类型	二维
空间配置	六边形
微结构直径	100 μm
微结构图形	球形
微结构垂度范围	10-10 μm
总阵列深度范围	10 μm
微结构随机化 PDF	规则阵列
垂直偏移	0 μm
偏移随机化 PDF	不适用
波长范围	0.4-0.7 μm

图 38

阵列类型	二维
空间配置	随机多边形边界
微结构直径	50 μm (平均)
微结构图形	球形
微结构垂度范围	2-10 μm
总阵列深度范围	10 μm
微结构随机化 PDF	均匀
垂直偏移	0 μm
偏移随机化 PDF	不适用
波长范围	0.4-0.7 μm

图 39

阵列类型	二维
空间配置	镶嵌

微结构直径	50 μm (平均)
微结构图形	球形(变形)
微结构垂度范围	2-10 μm
总阵列深度范围	10 μm
微结构随机化 PDF	均匀
垂直偏移	0 μm
偏移随机化 PDF	不适用
波长范围	0.4-0.7 μm

图 43

阵列类型	二维
空间配置	六边形
微结构直径	500 μm (平均)
微结构图形	球形
微结构垂度范围	2-8 μm
总阵列深度范围	14 μm
微结构随机化 PDF	均匀
垂直偏移	$\pm 2\mu\text{m}$
偏移随机化 PDF	均匀
波长范围	0.4-0.7 μm

图 47

阵列类型	二维
空间配置	六边形
微结构直径	50 μm (平均)
微结构图形	球形
微结构垂度范围	2.5-4 μm (慢轴) 9-11 μm (快轴)
总阵列深度范围	16 μm

微结构随机化 PDF	均匀
垂直偏移	$\pm 2\mu\text{m}$
偏移随机化 PDF	均匀
波长范围	0.4-0.7 μm

图 49

阵列类型	二维
空间配置	镶嵌
微结构直径	25-30mm(慢轴) 45-50mm(快轴)
微结构图形	球形(变形)
微结构垂度范围	1.9-3.5 μm (慢轴) 8.8-10 μm (快轴)
总阵列深度范围	17.4 μm
微结构随机化 PDF	均匀
垂直偏移	$\pm 2\mu\text{m}$
偏移随机化 PDF	均匀
波长范围	0.4-0.7 μm

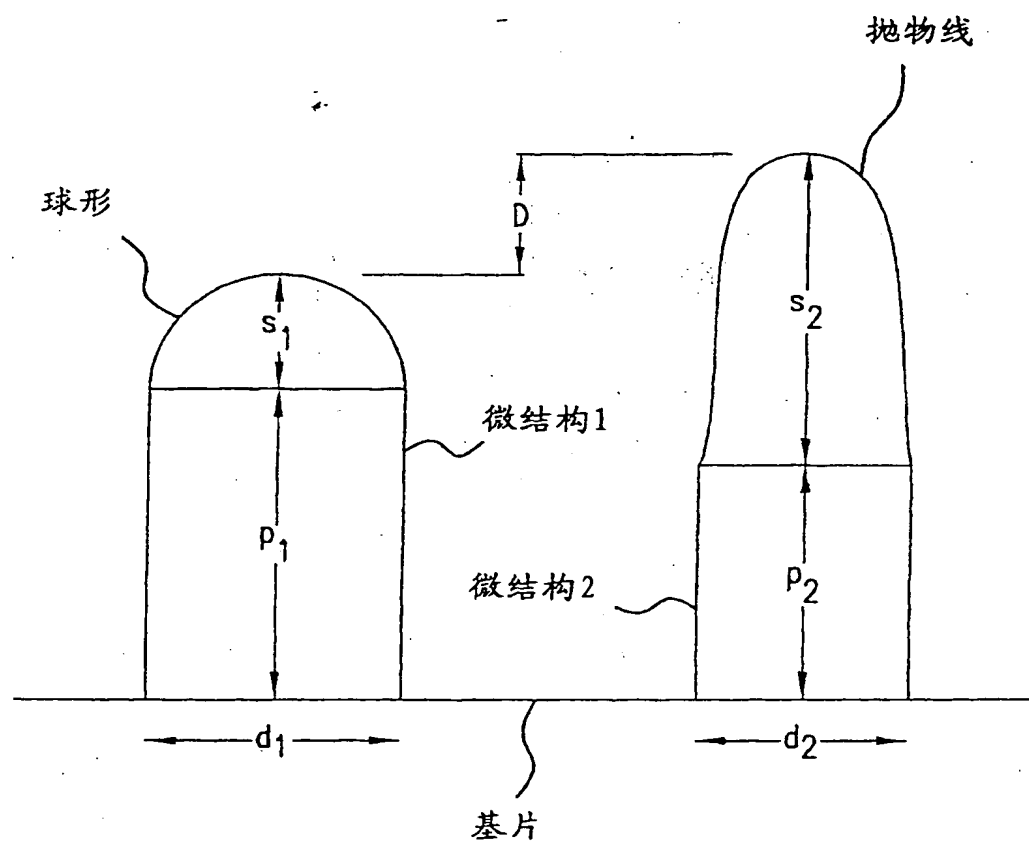


图 1

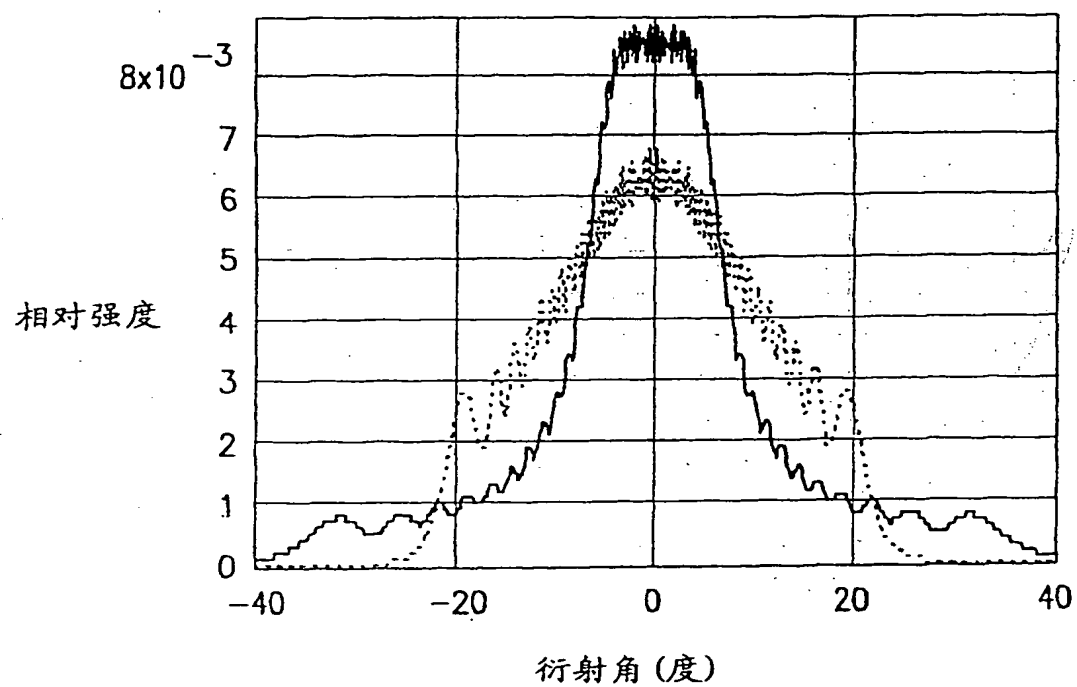
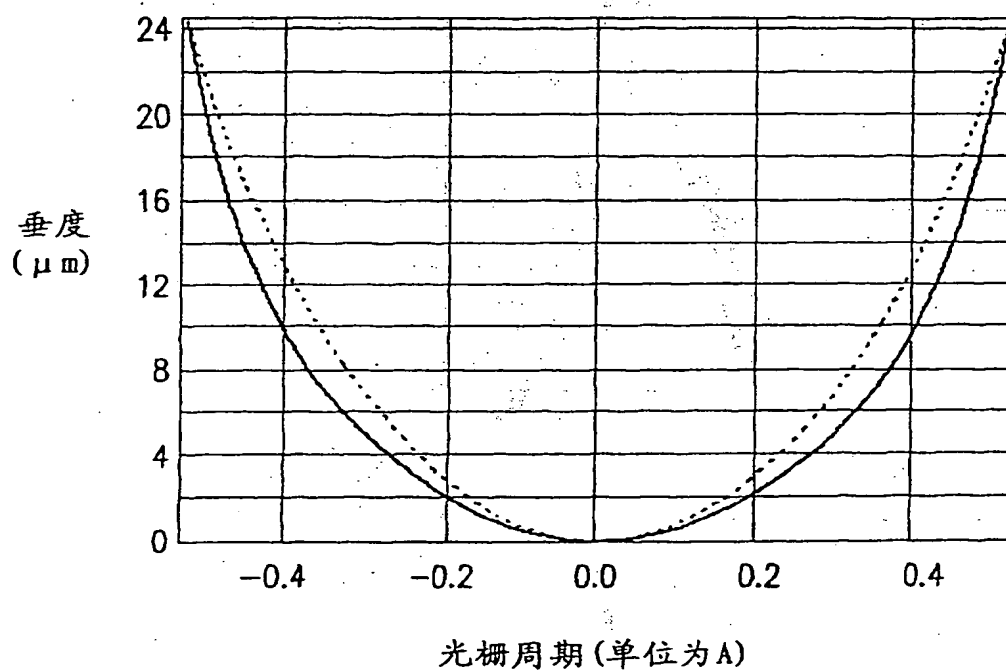


图 2



图

3

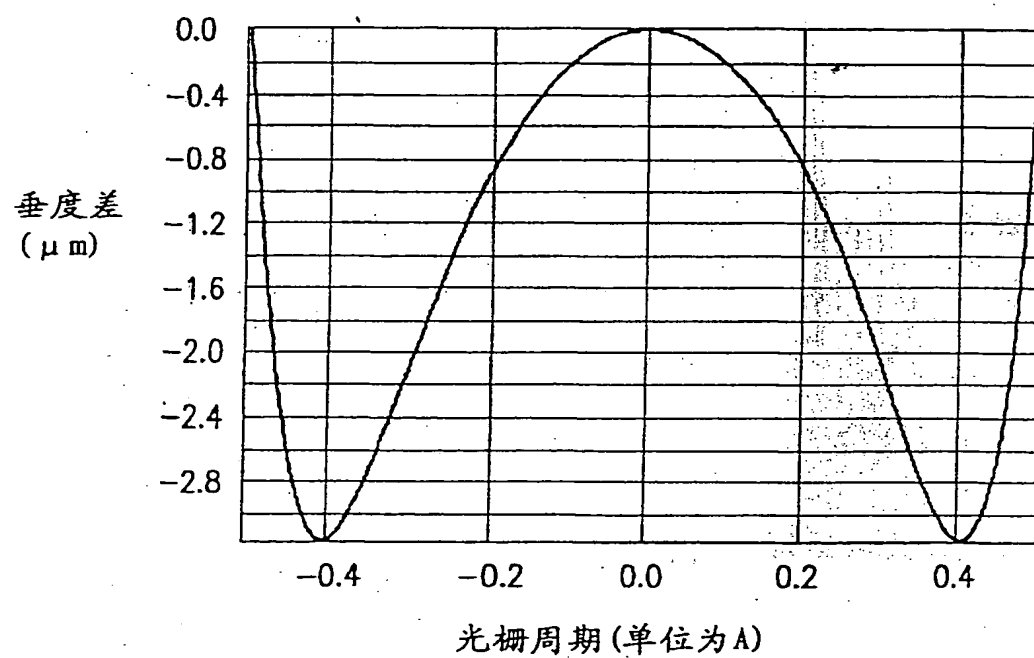


图 4

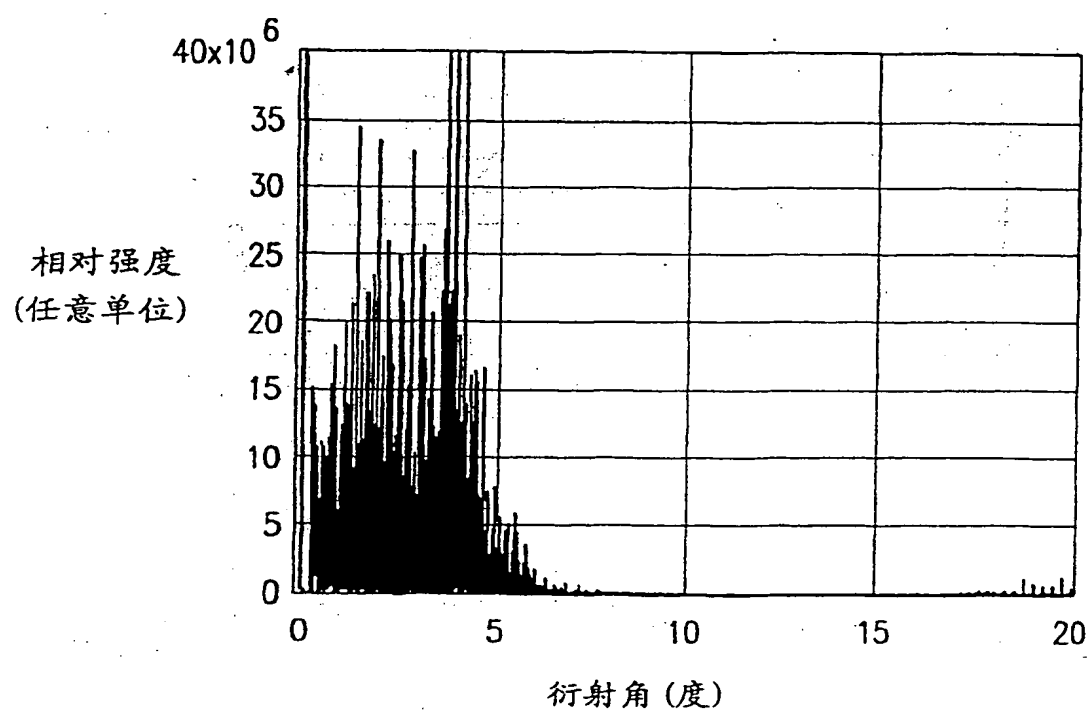


图 5

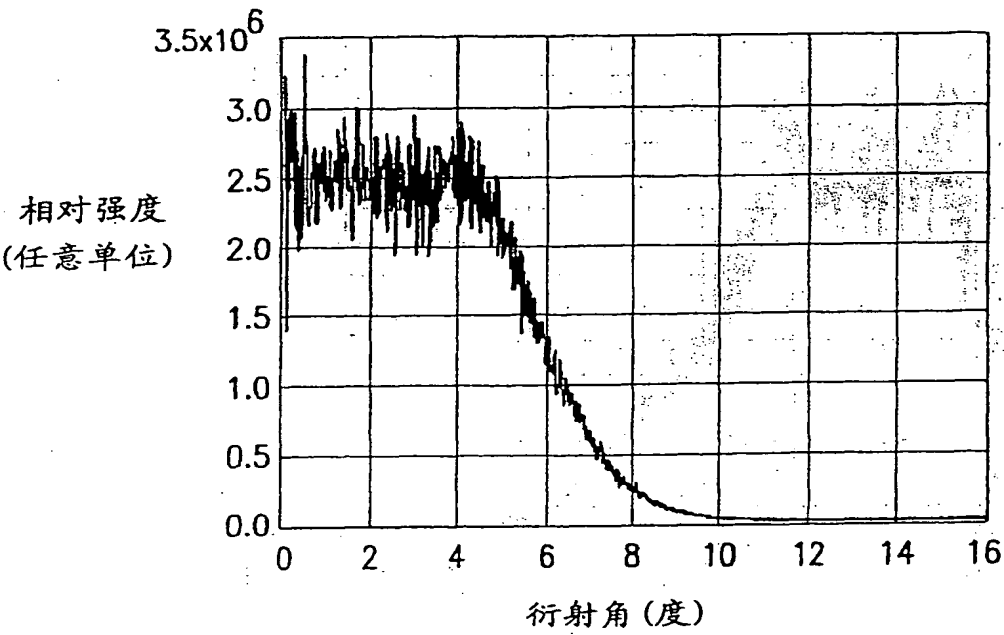


图 6

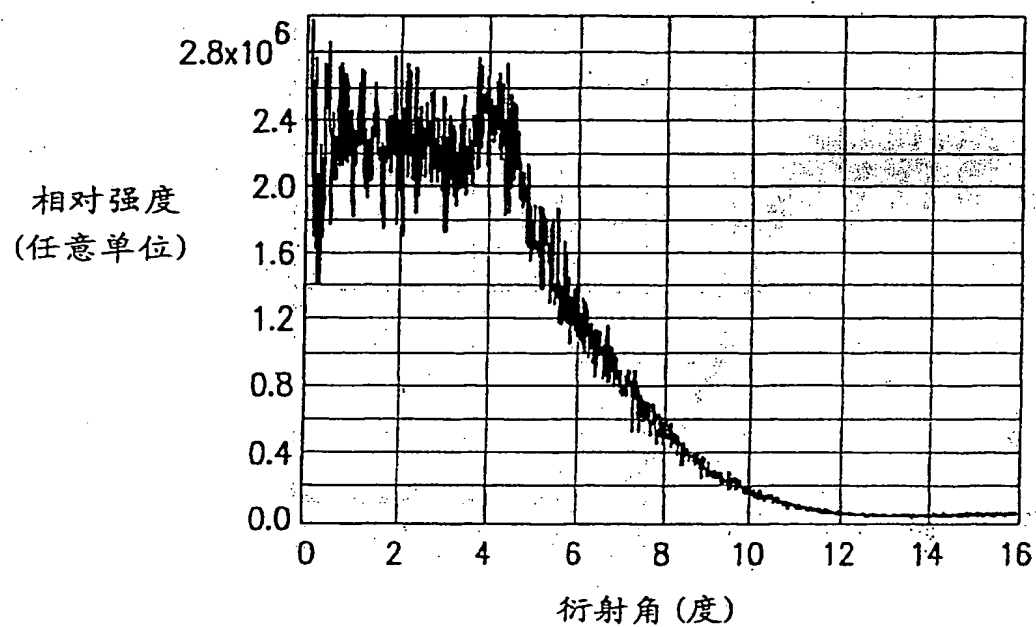


图 7

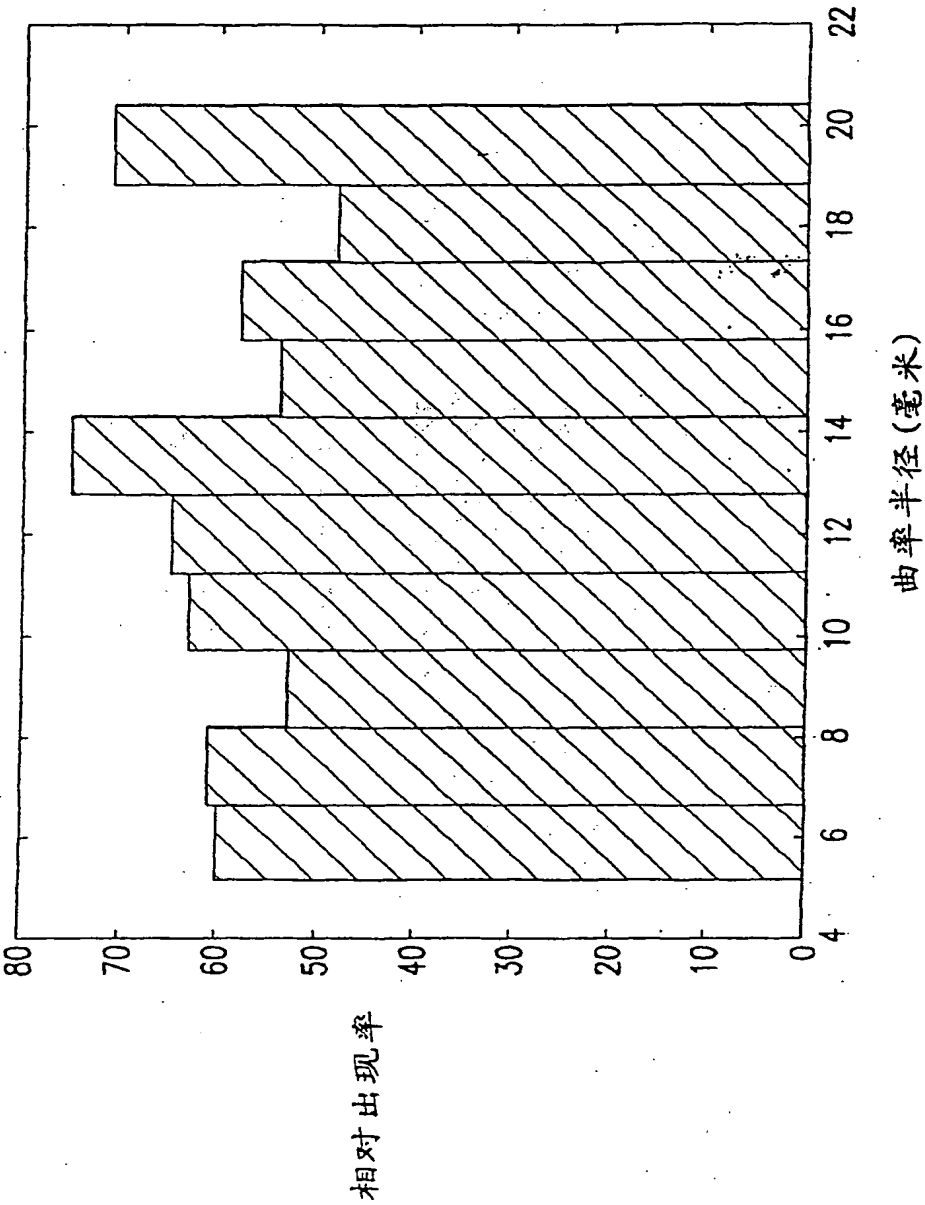


图 8

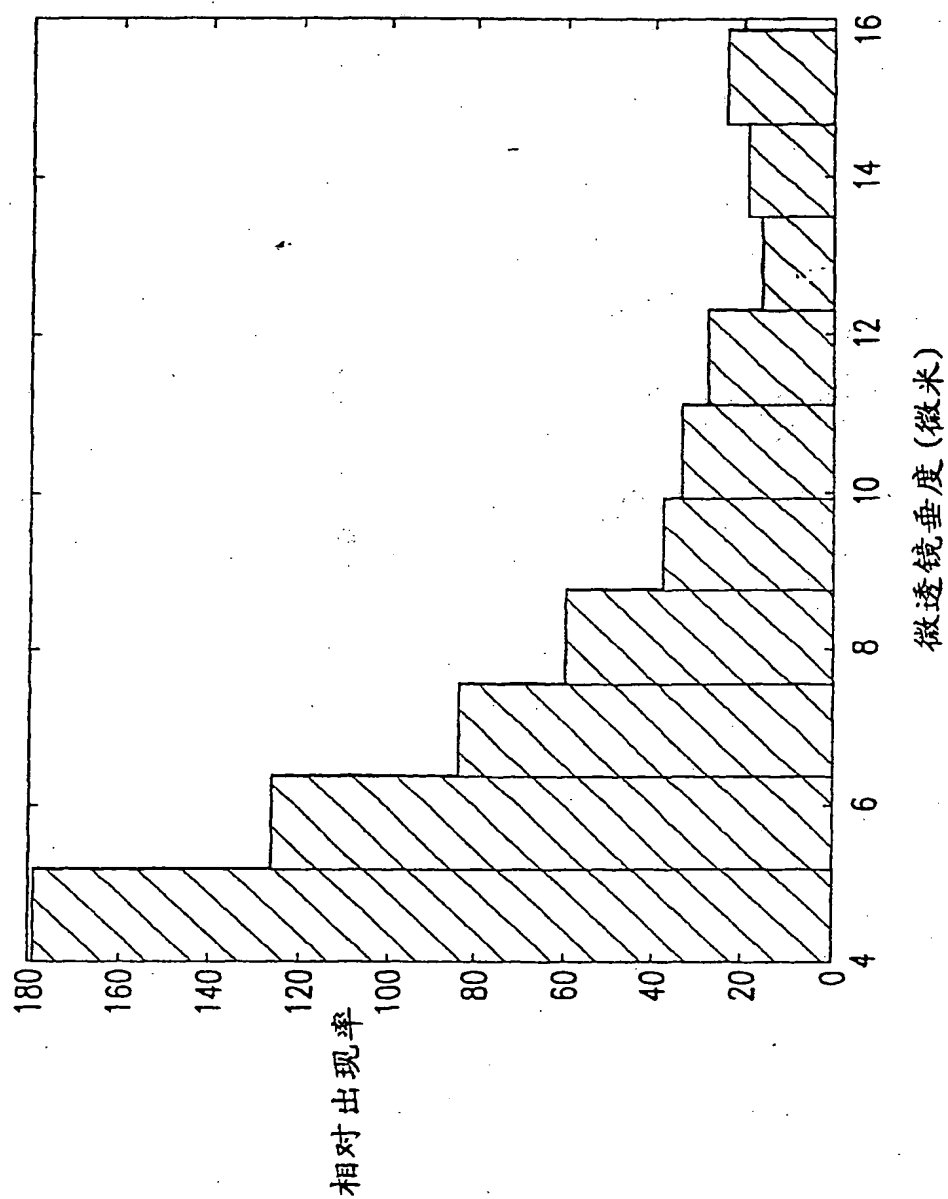


图 9

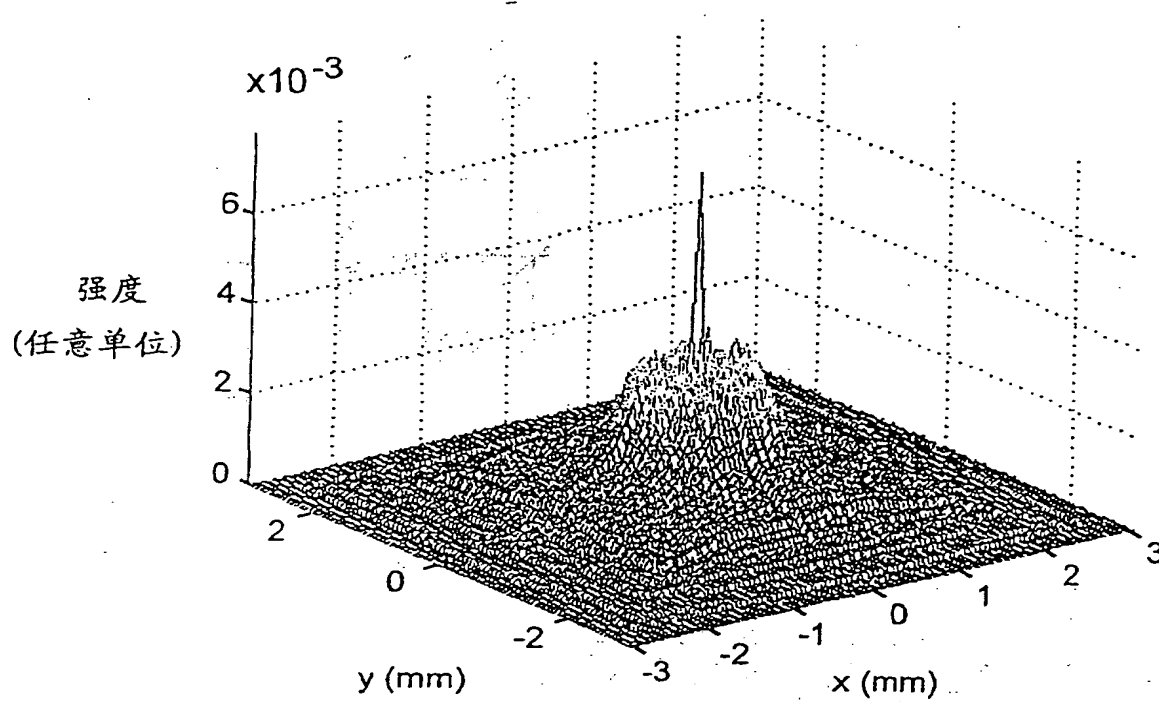


图 10

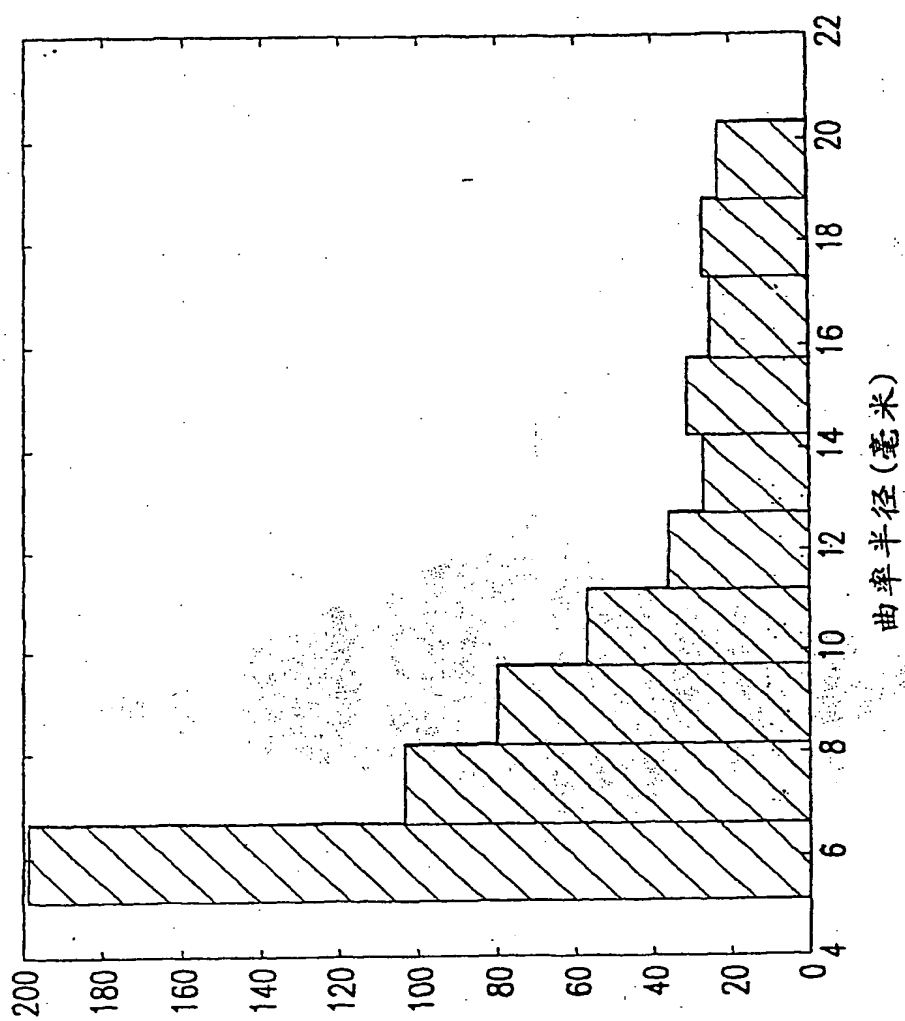


图 11

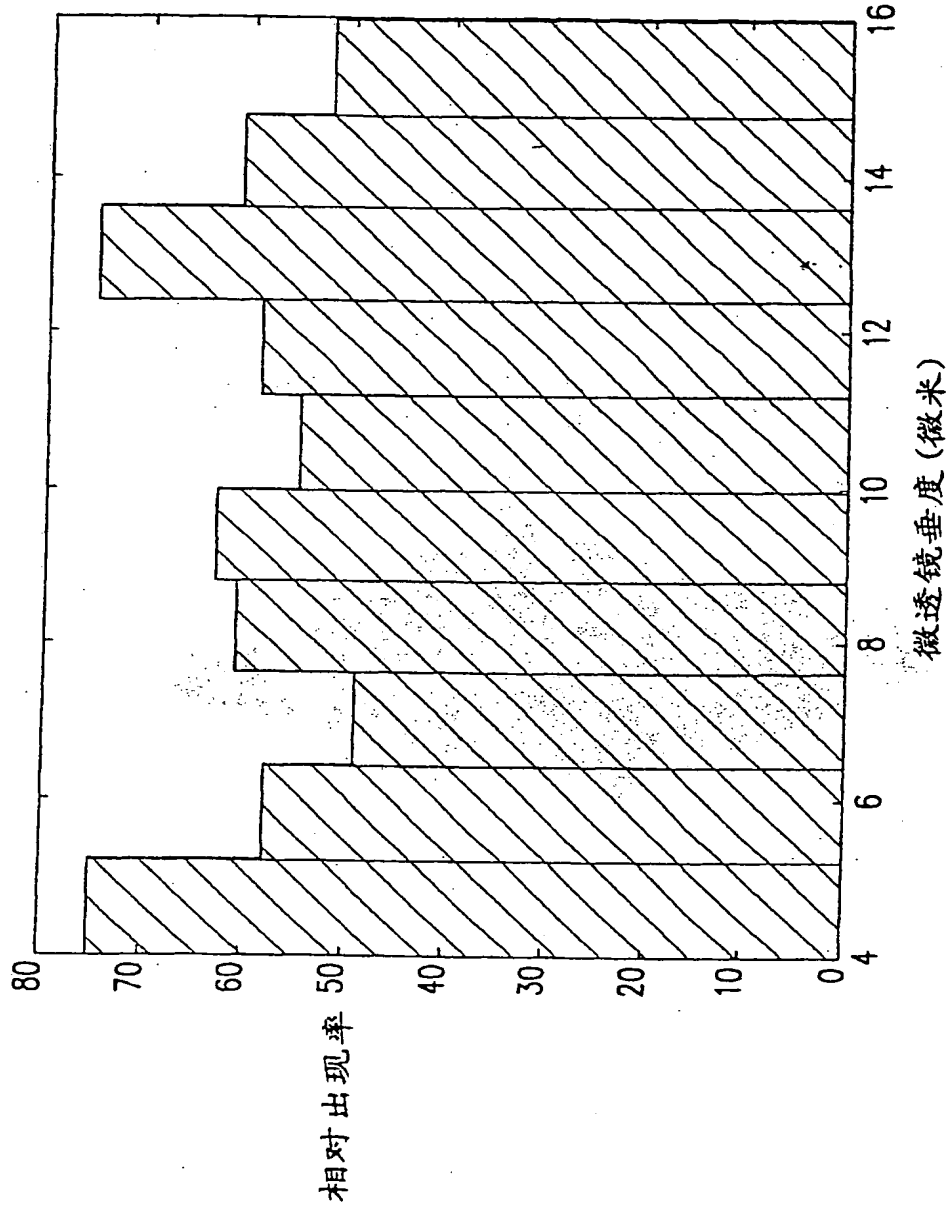
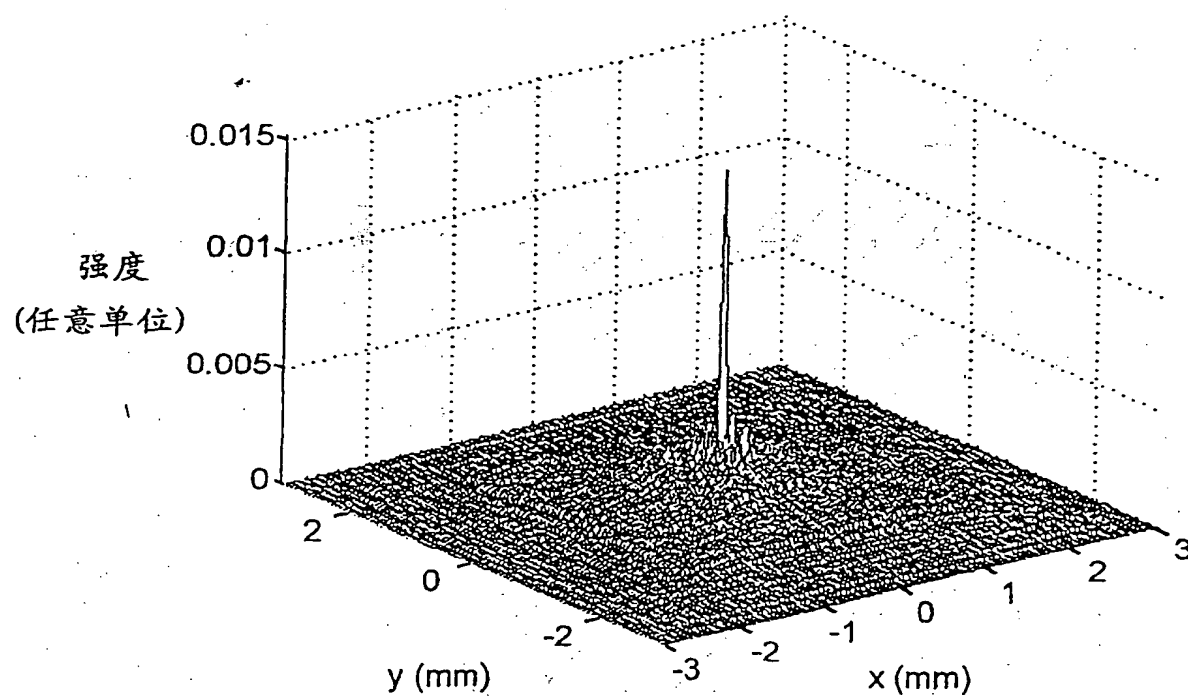


图 12



图

13

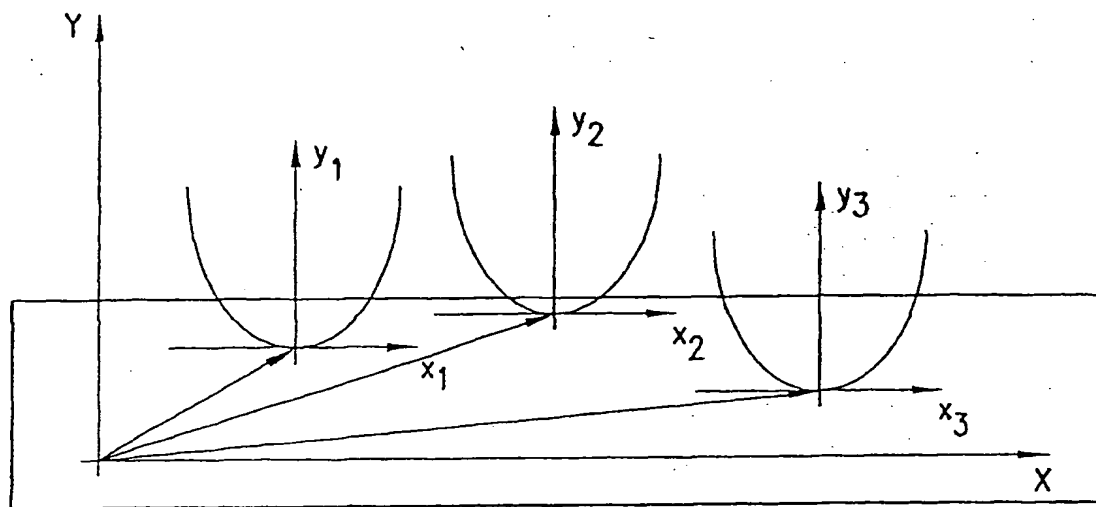


图 14

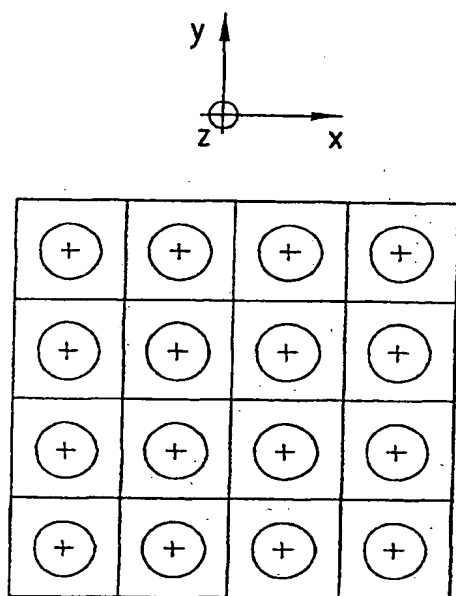


图 15

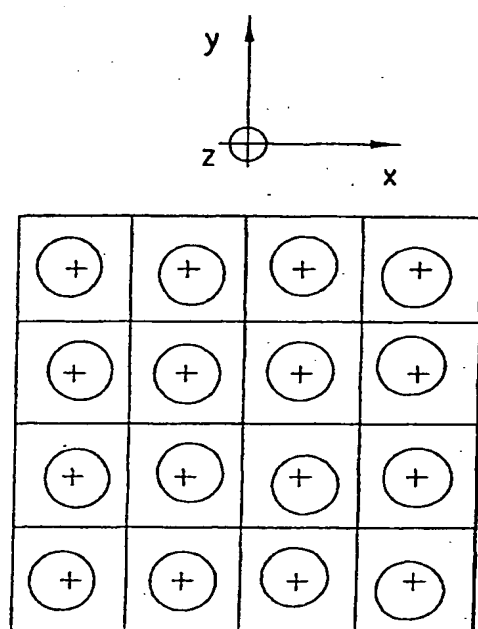


图 16

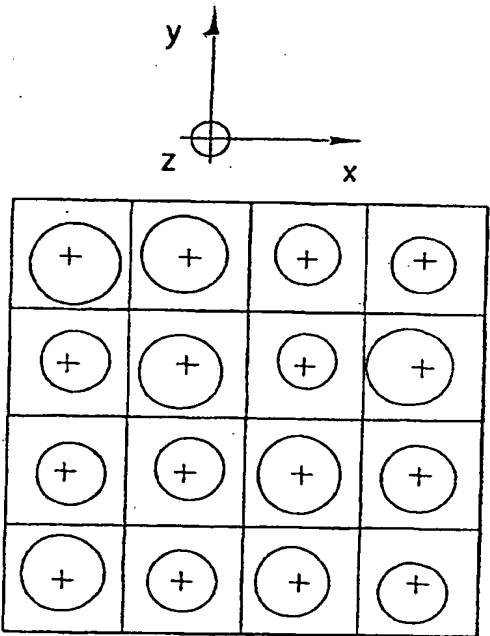


图 17

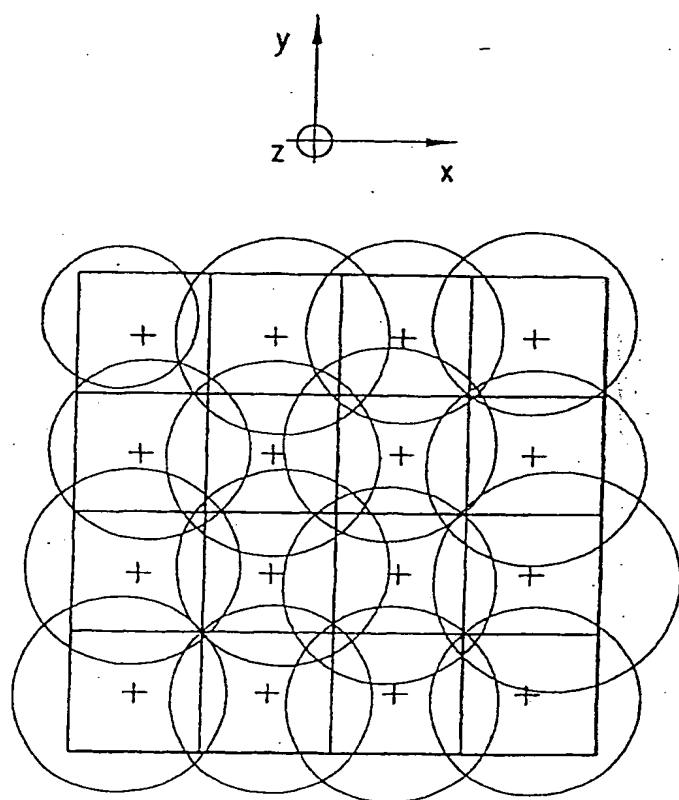


图 18

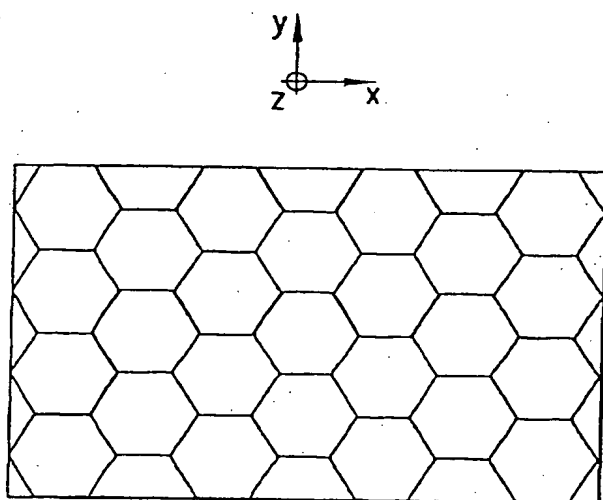


图 19

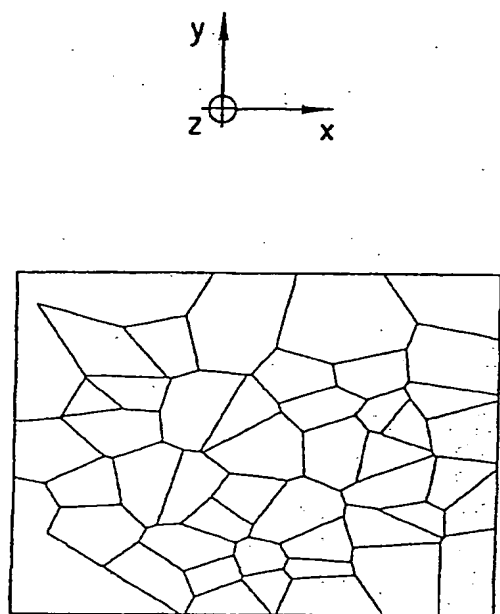


图 20

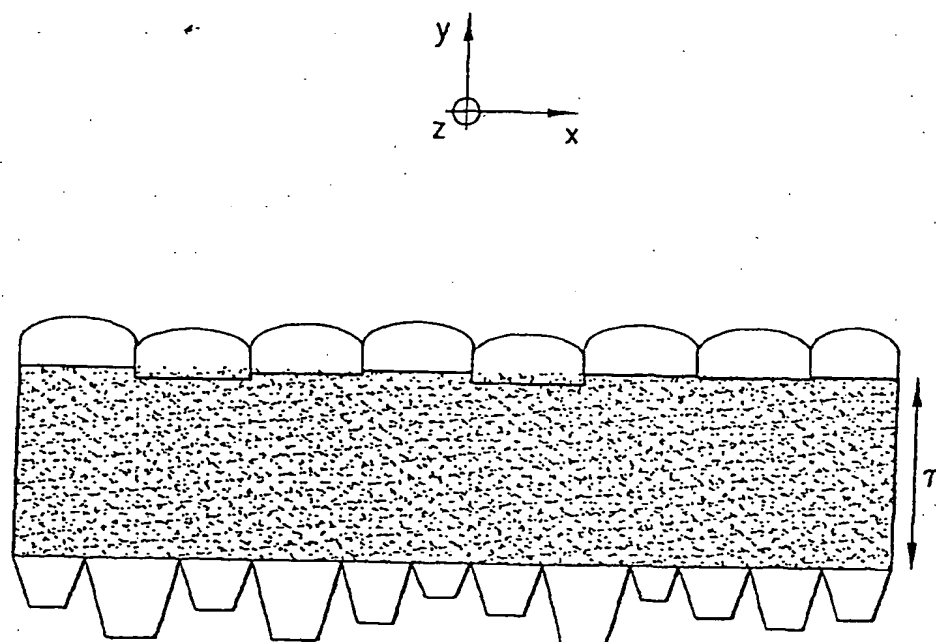


图 21

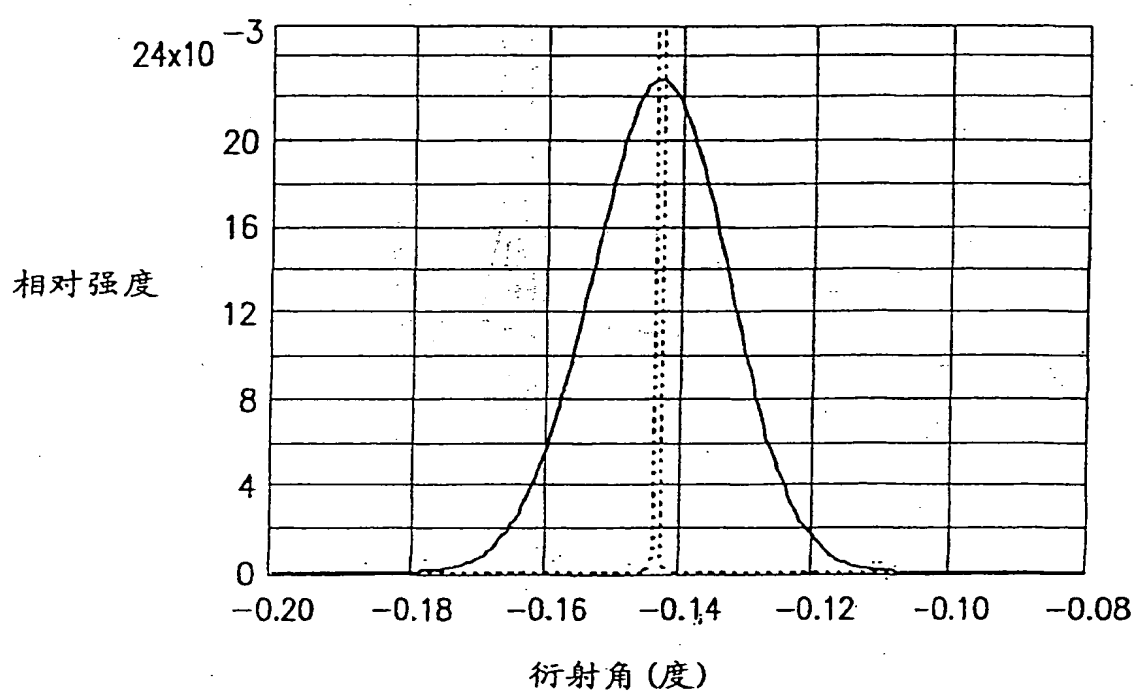


图 22

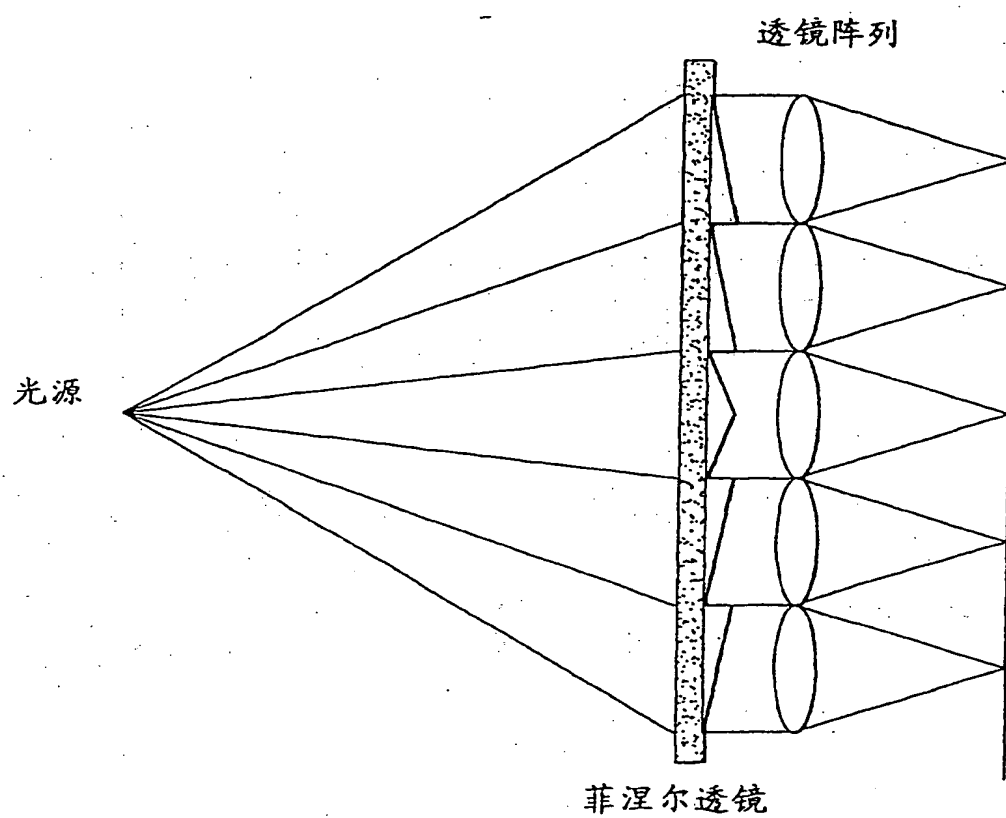


图 23

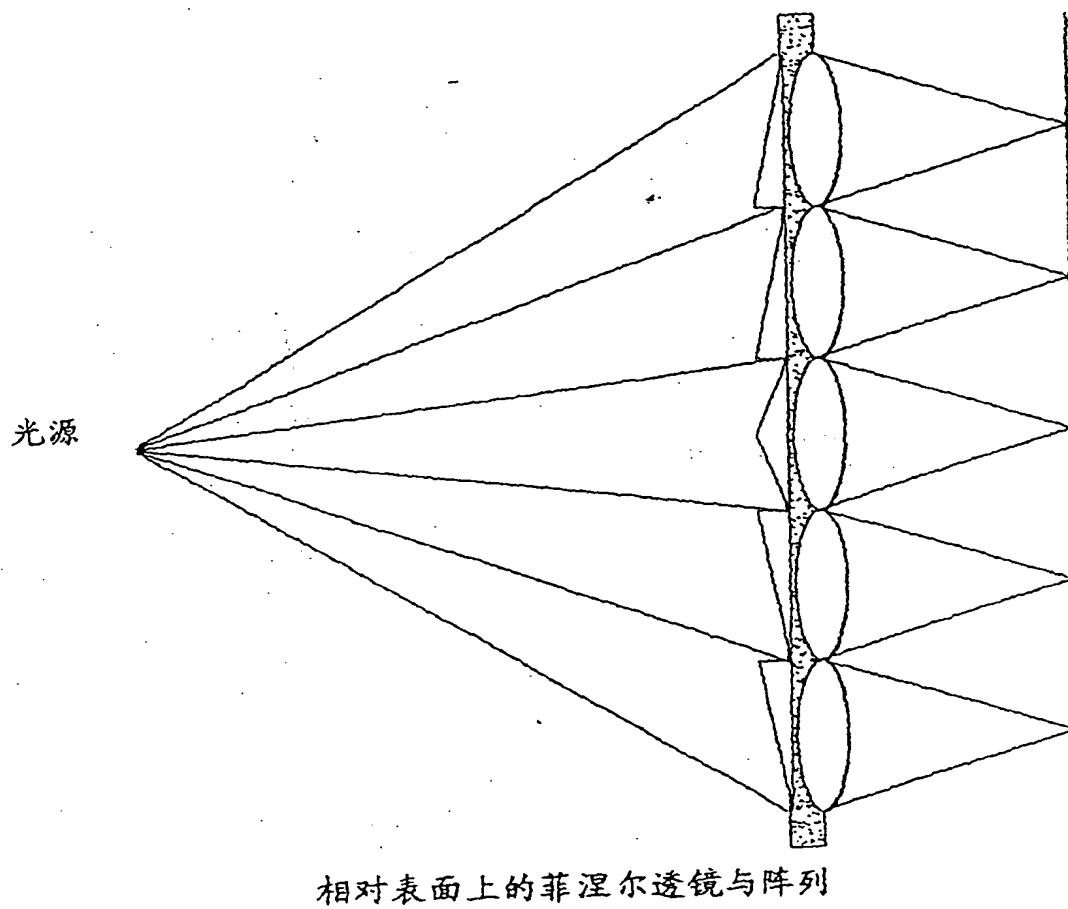


图 24
原有技术

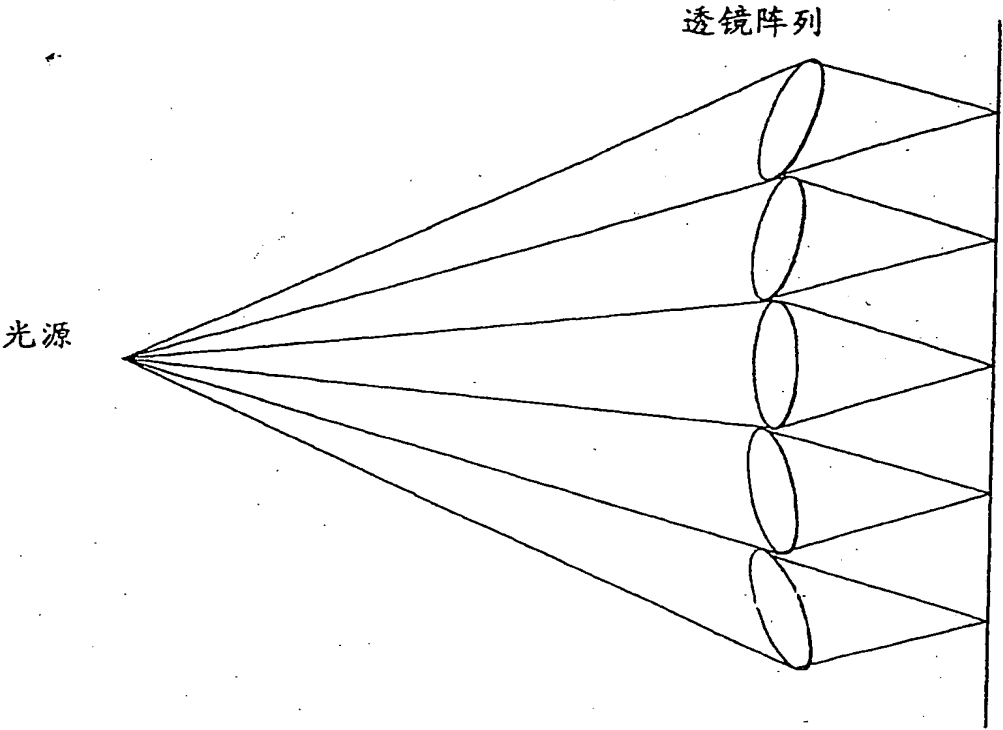


图 25

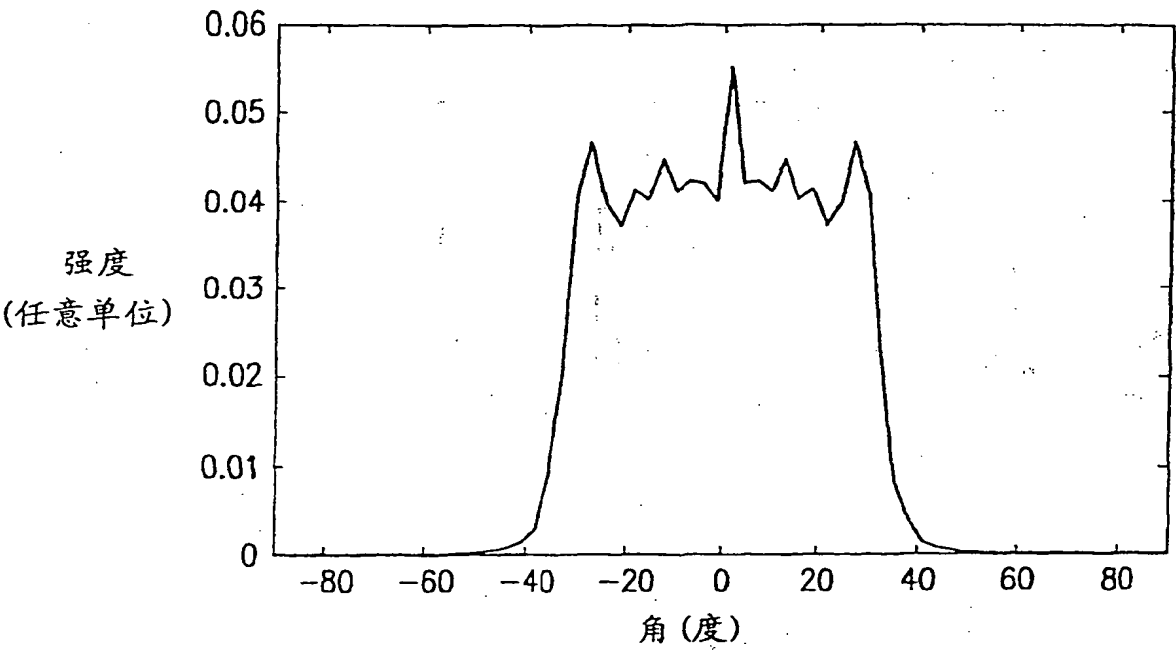
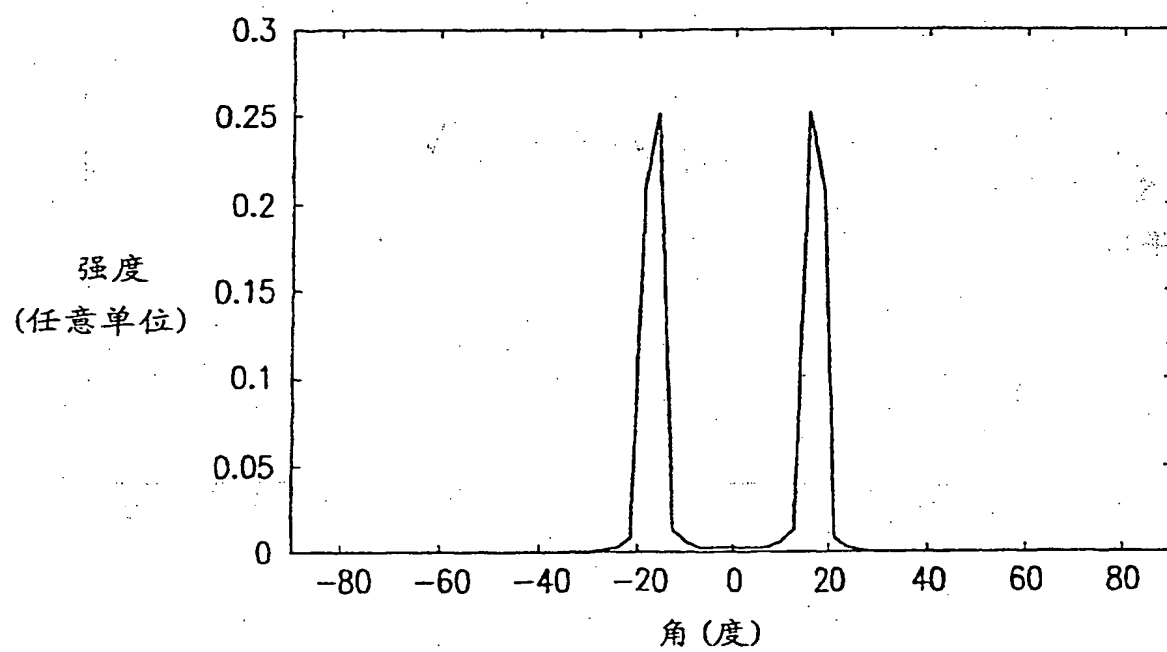


图 26



图

27

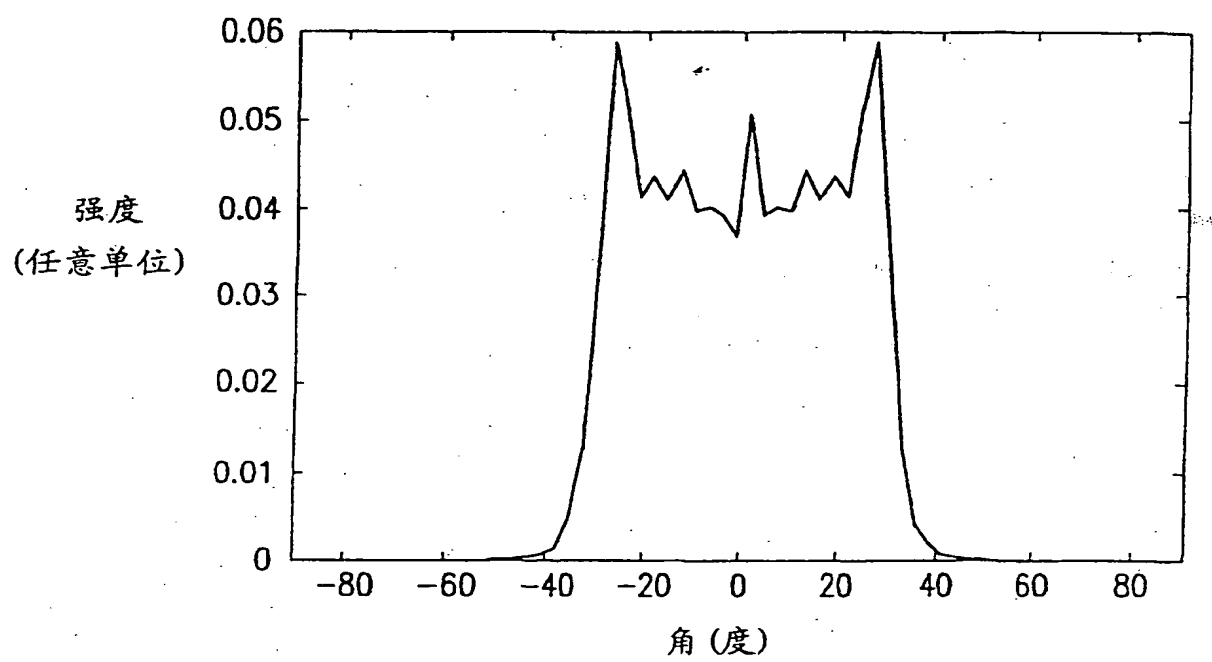


图 28

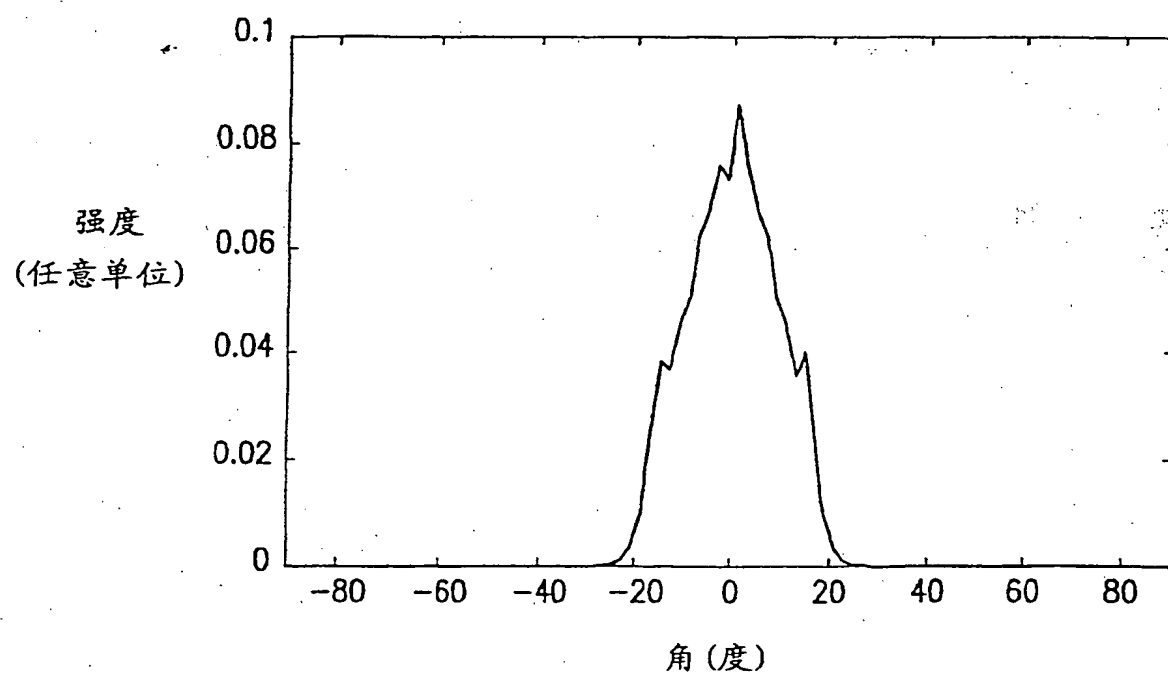


图 29

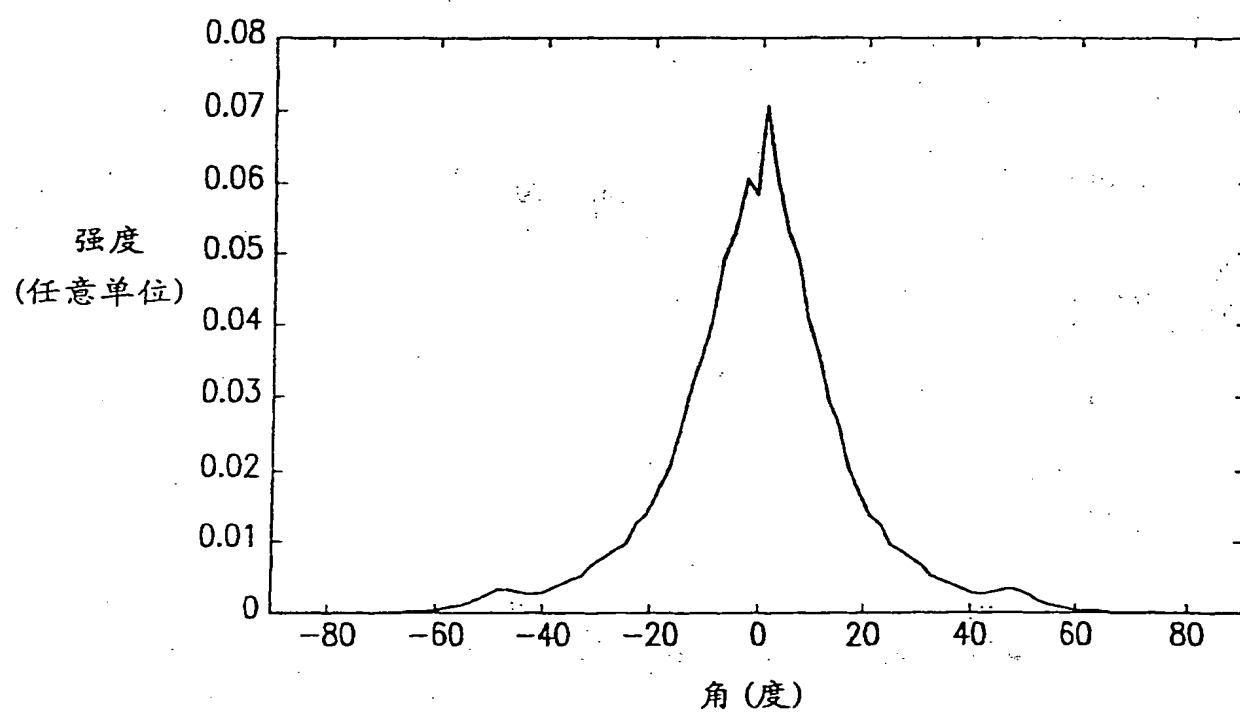


图 30

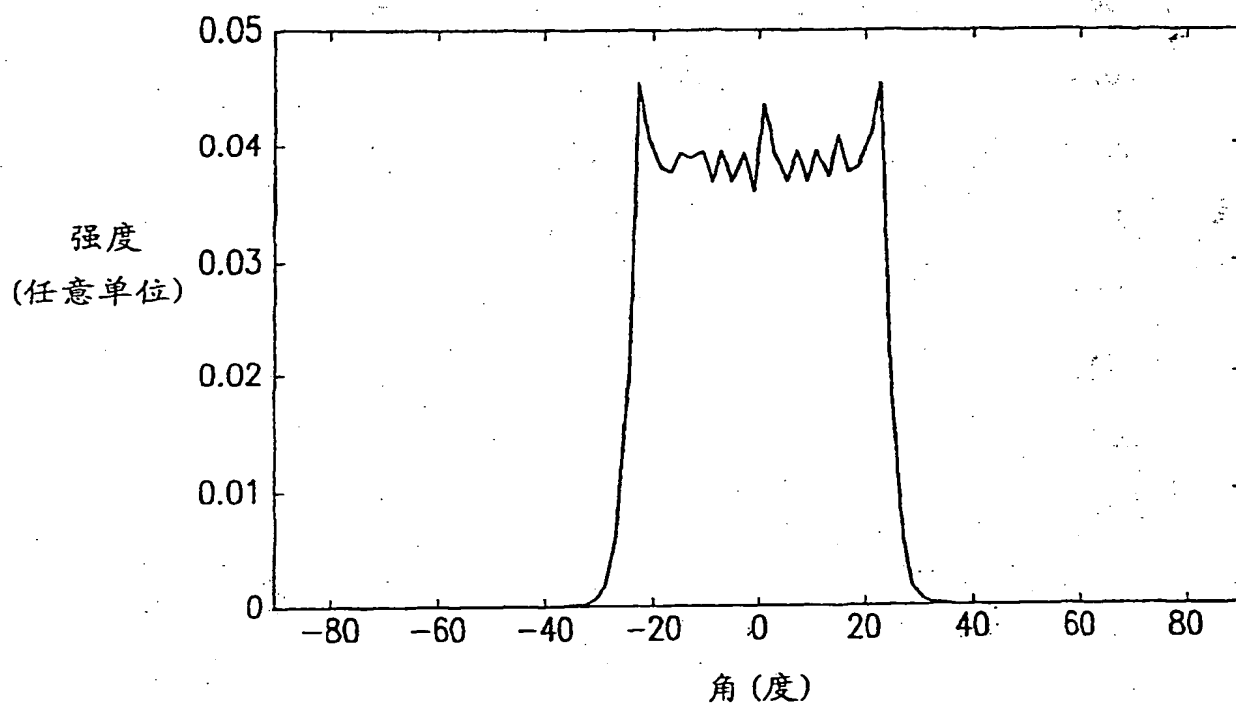


图 31

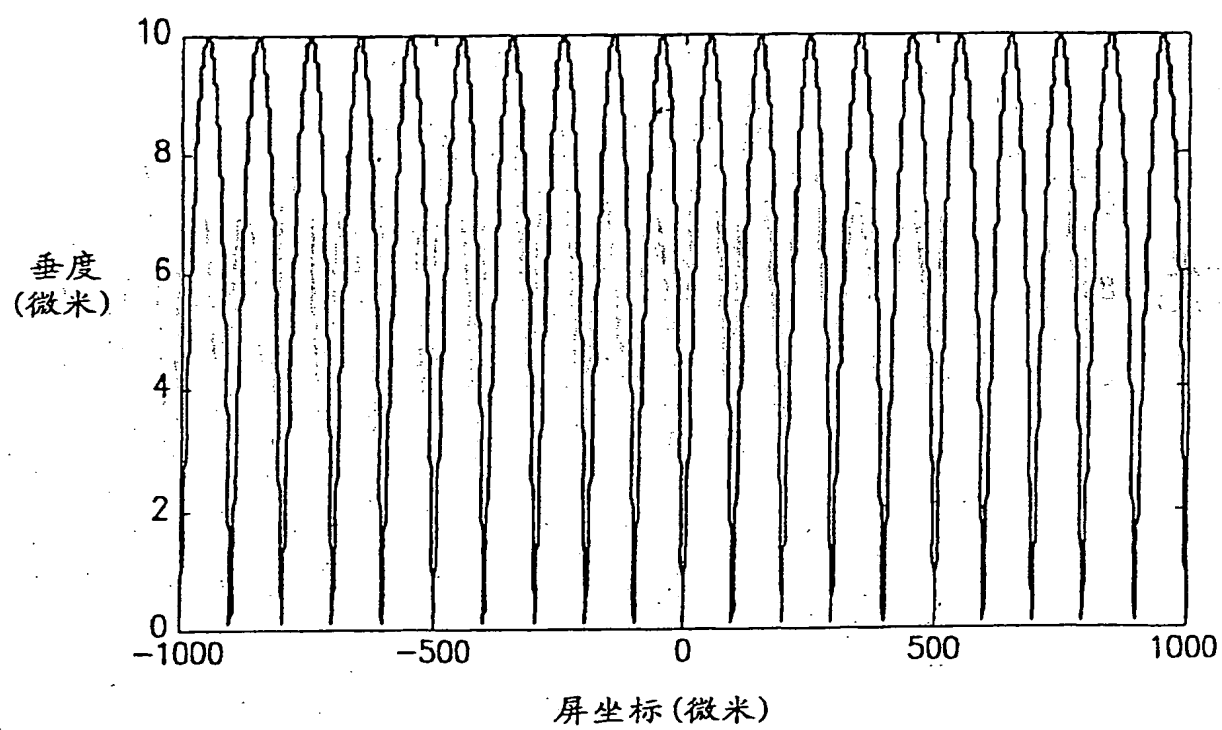


图 32

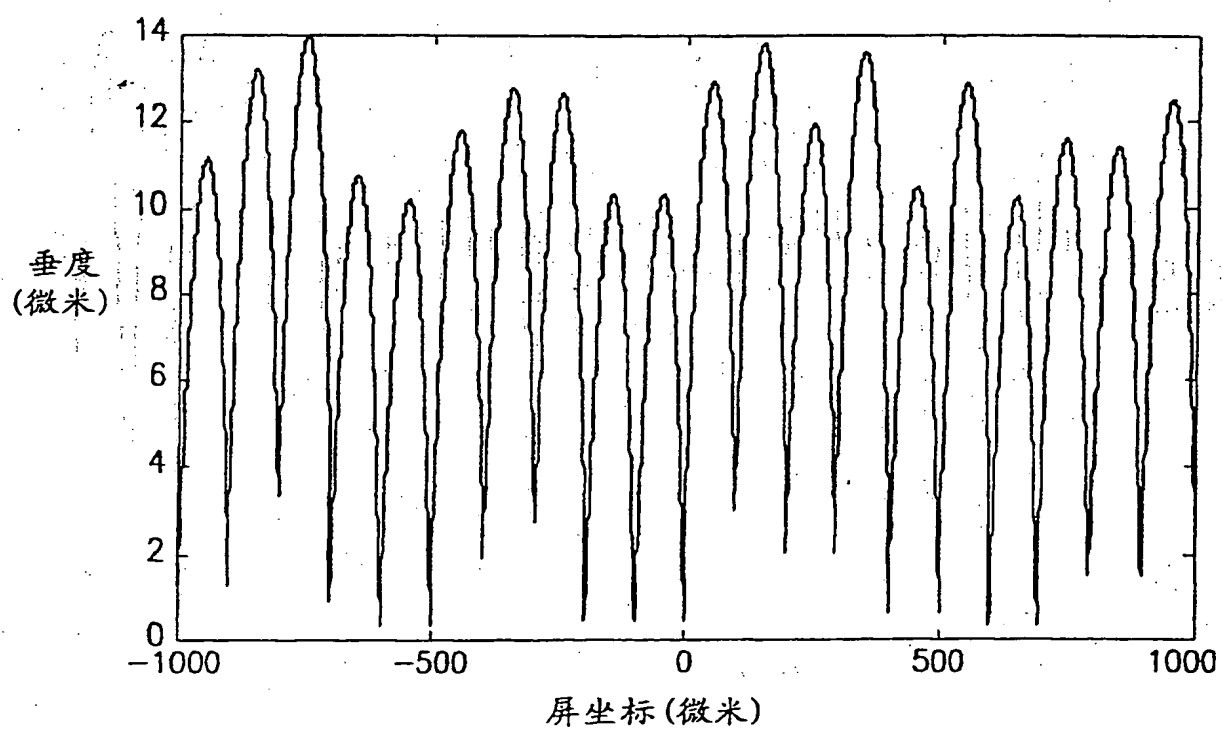


图 33

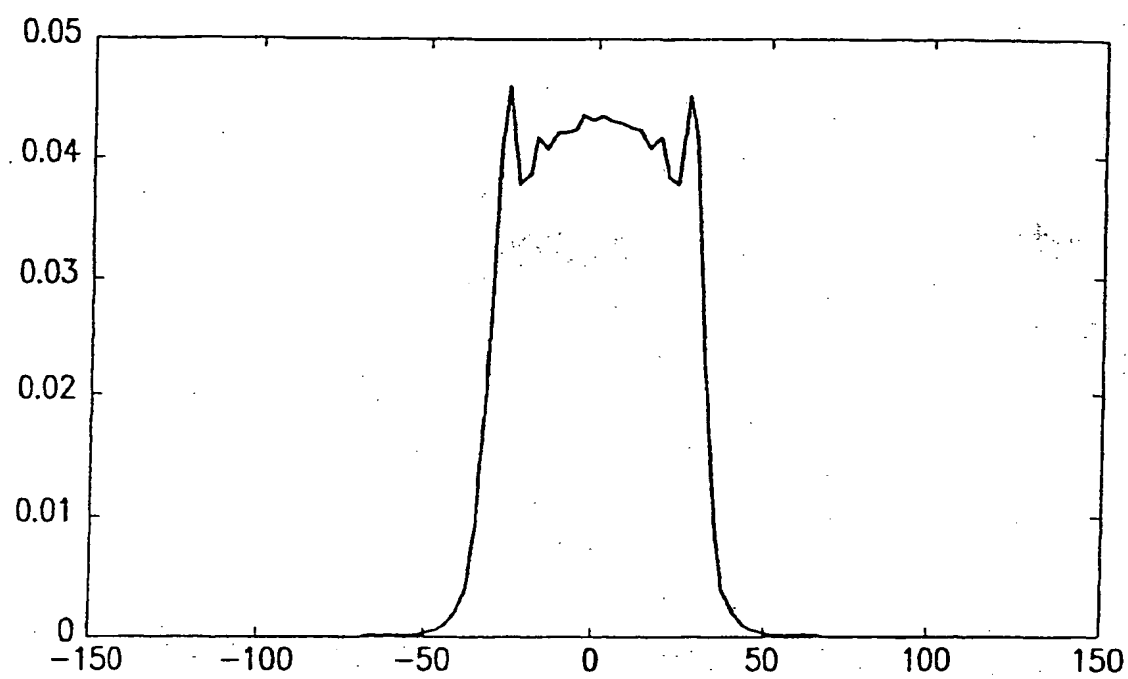


图 34

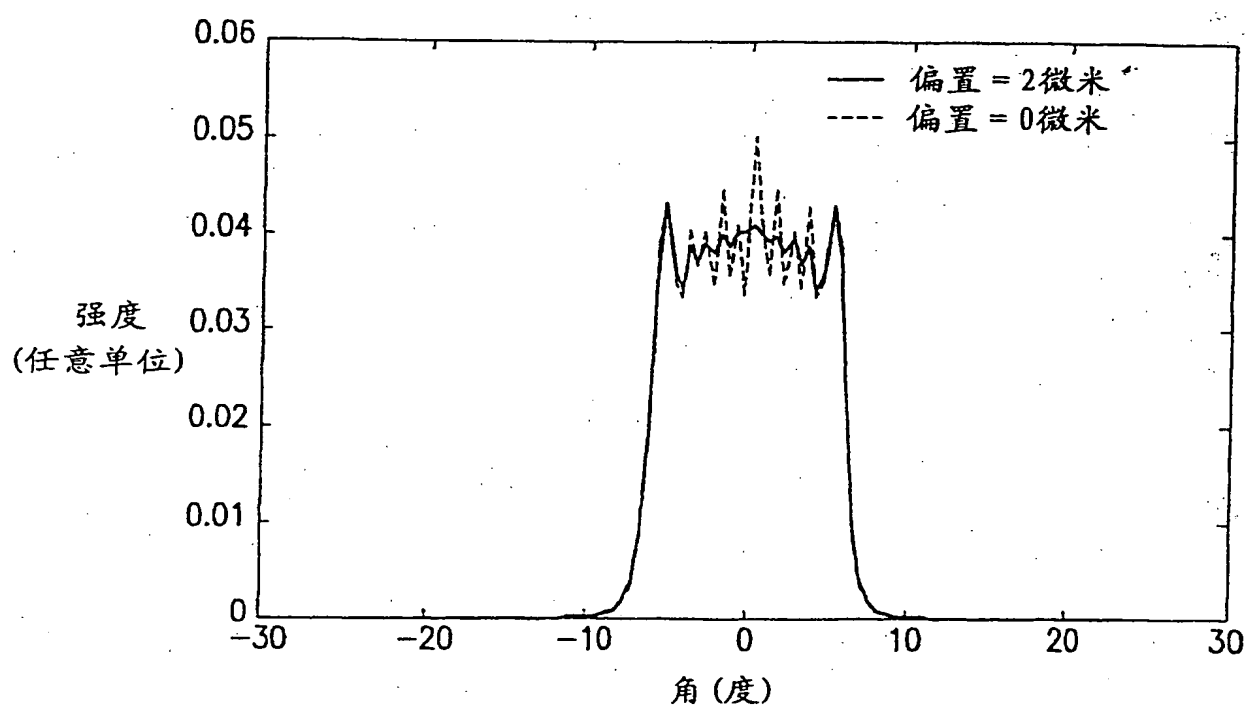
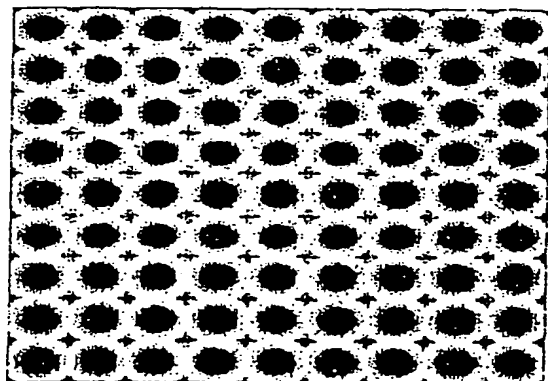


图 35



图

36

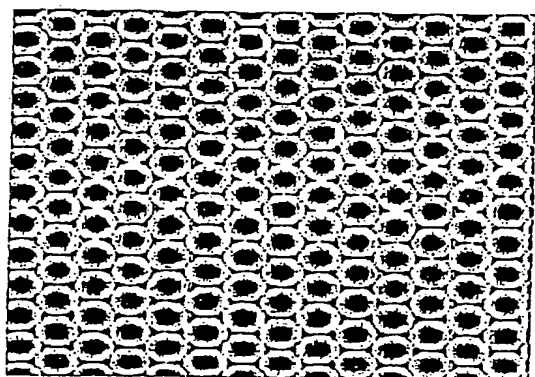


图 37

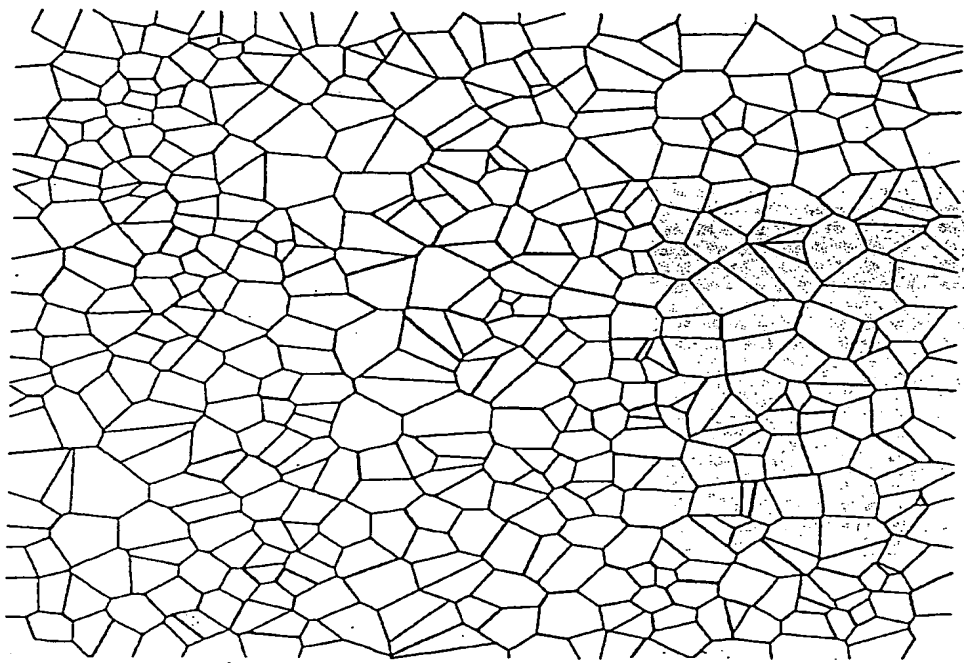
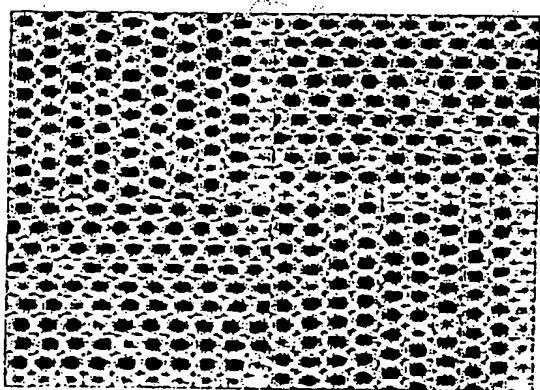


图 38



图

39

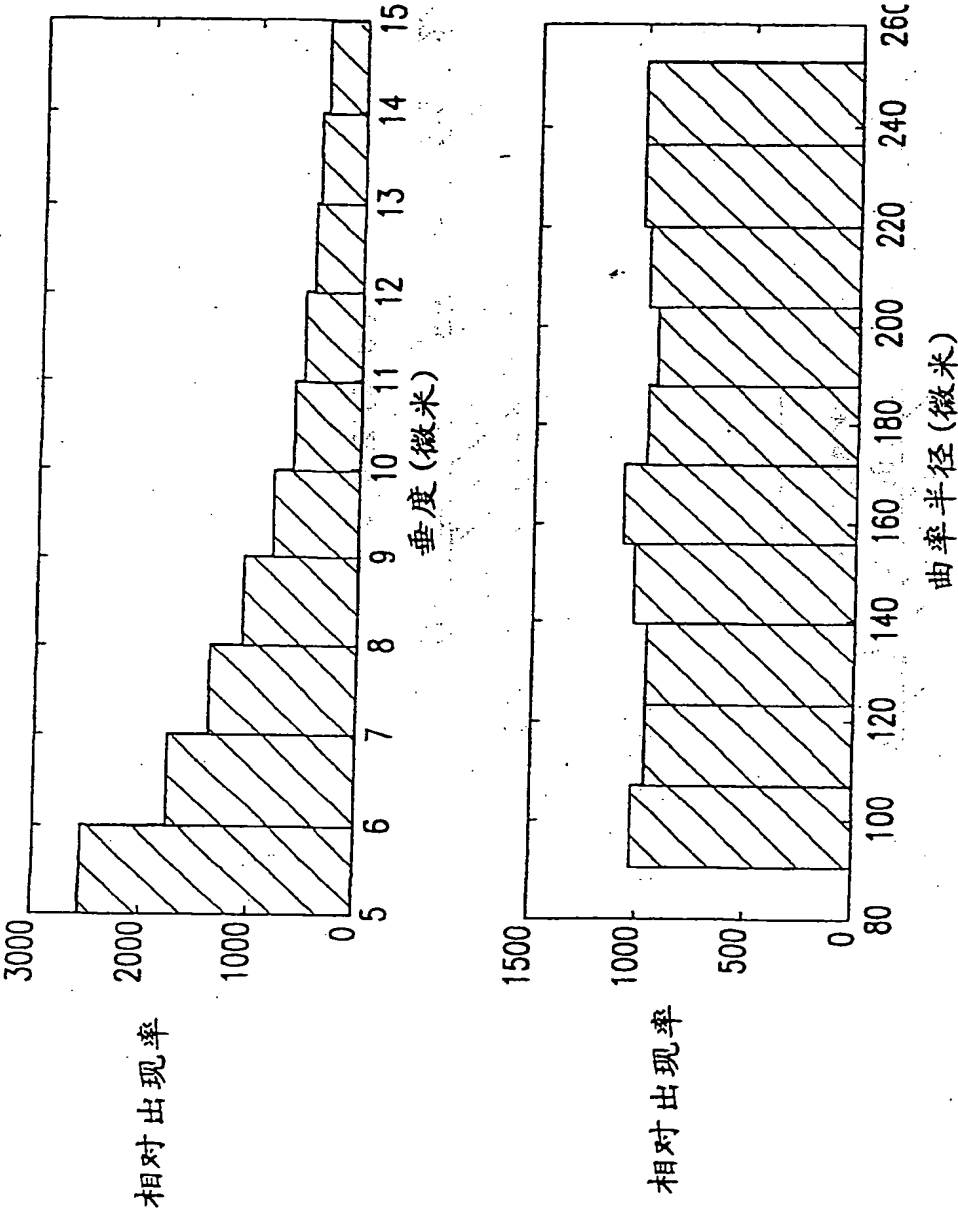


图 40

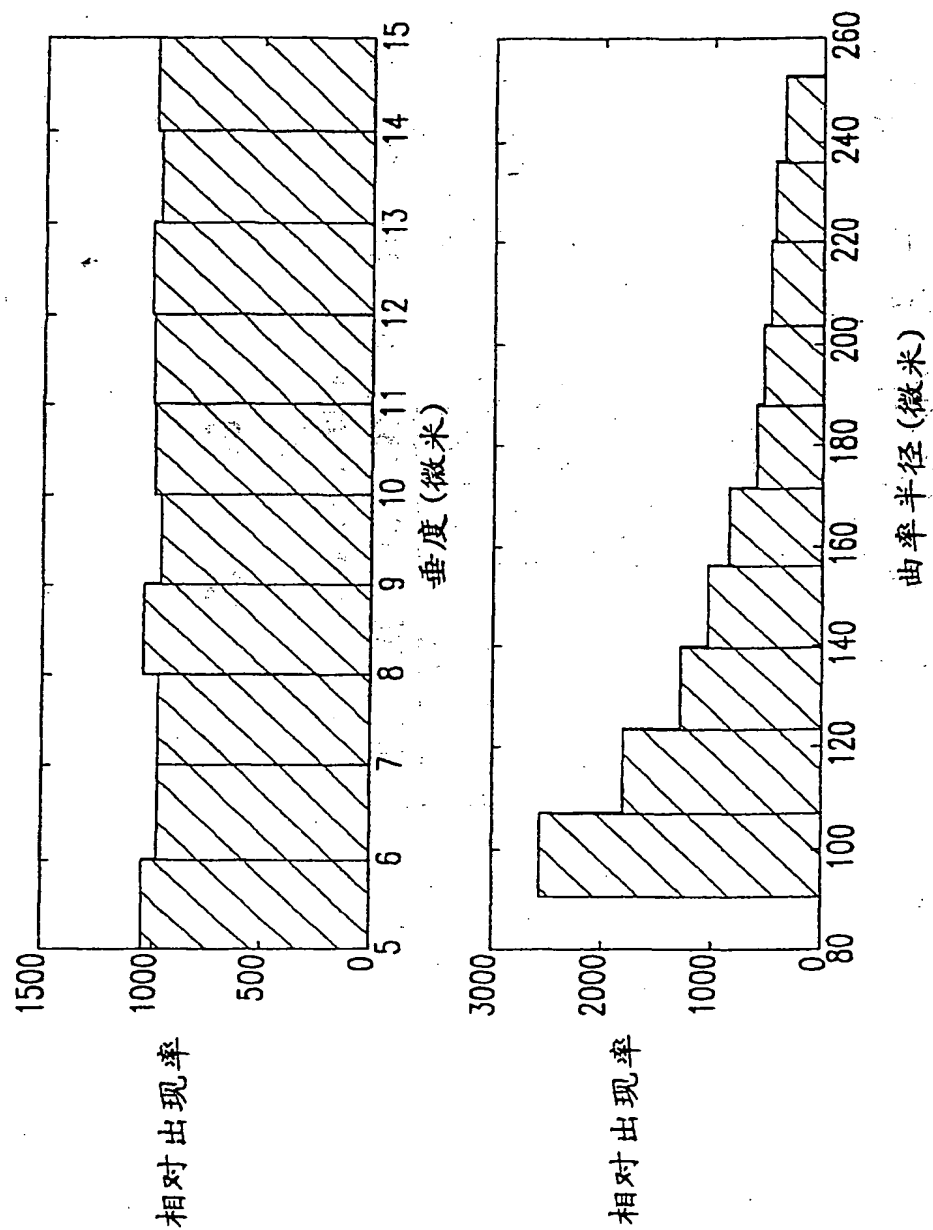


图 41

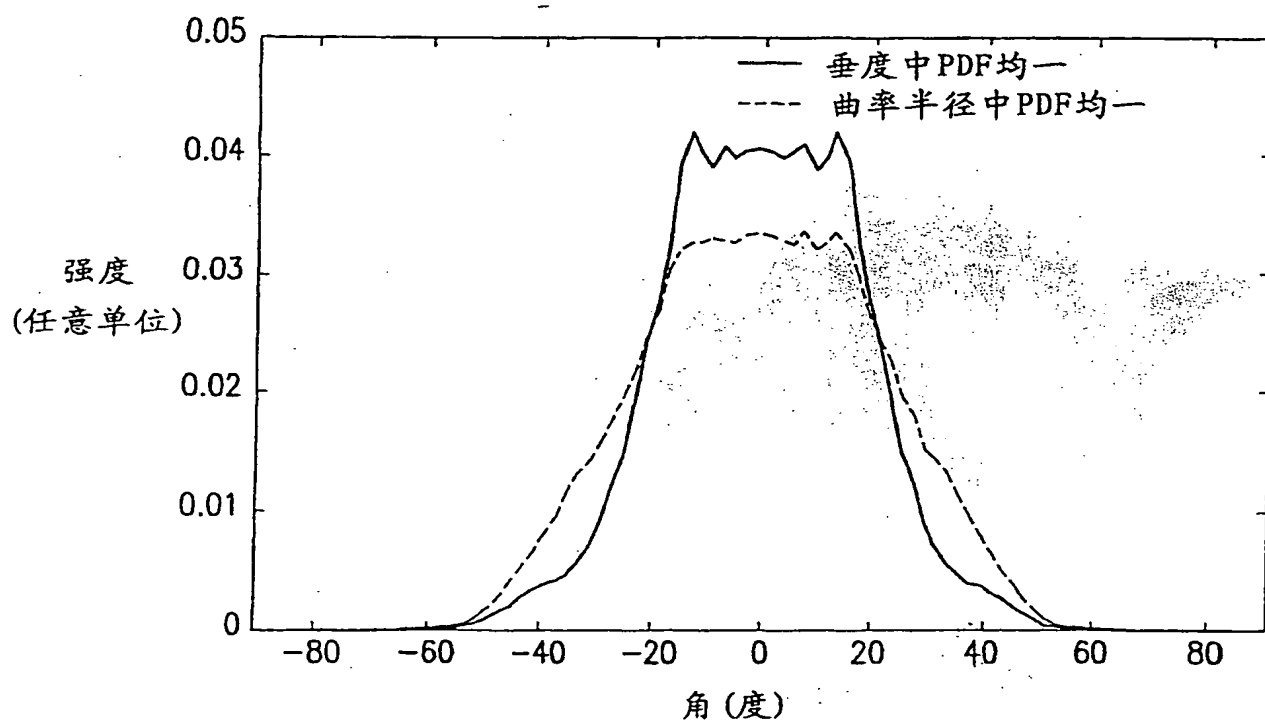
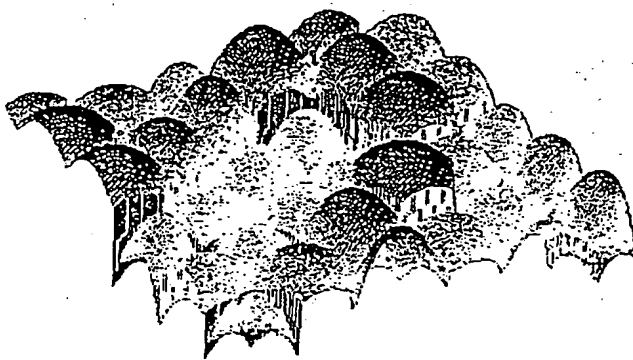


图 42



图

43

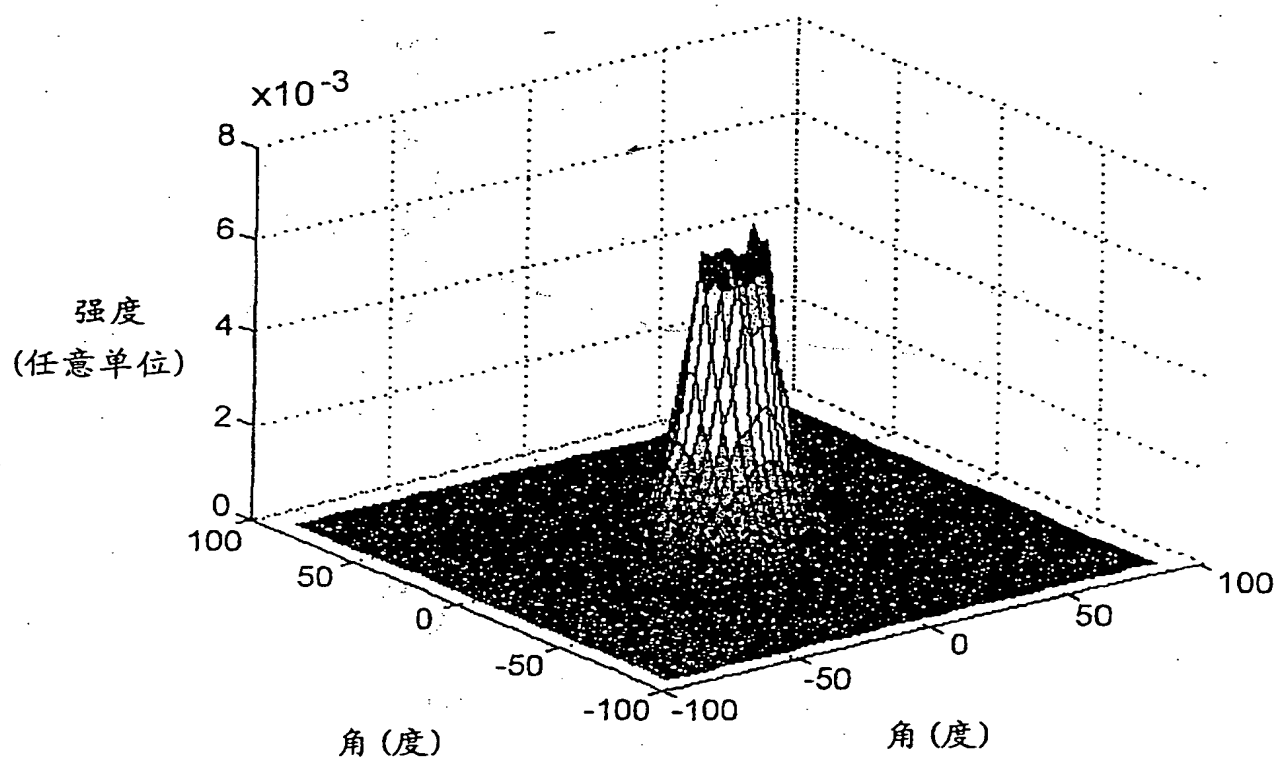


图 44

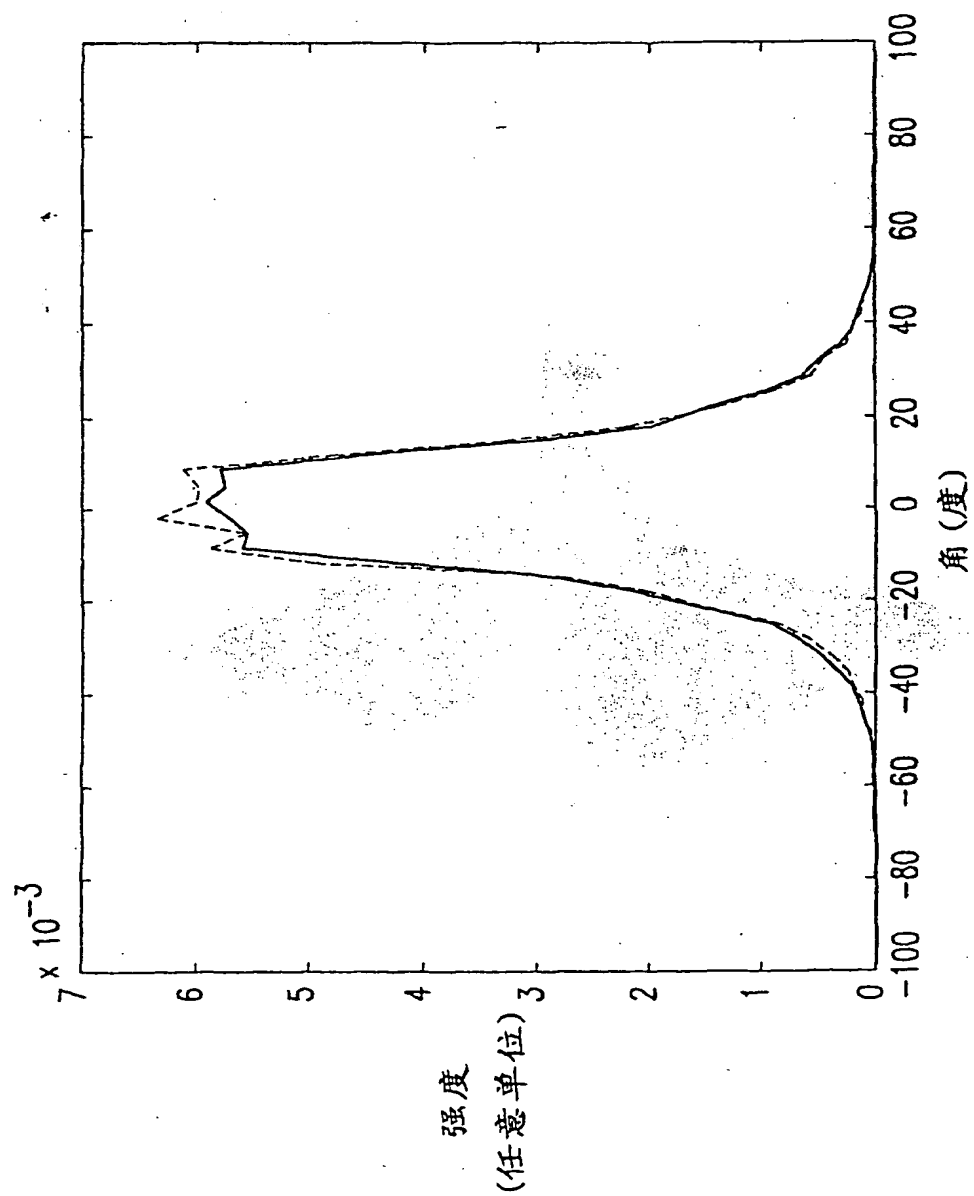


图 45

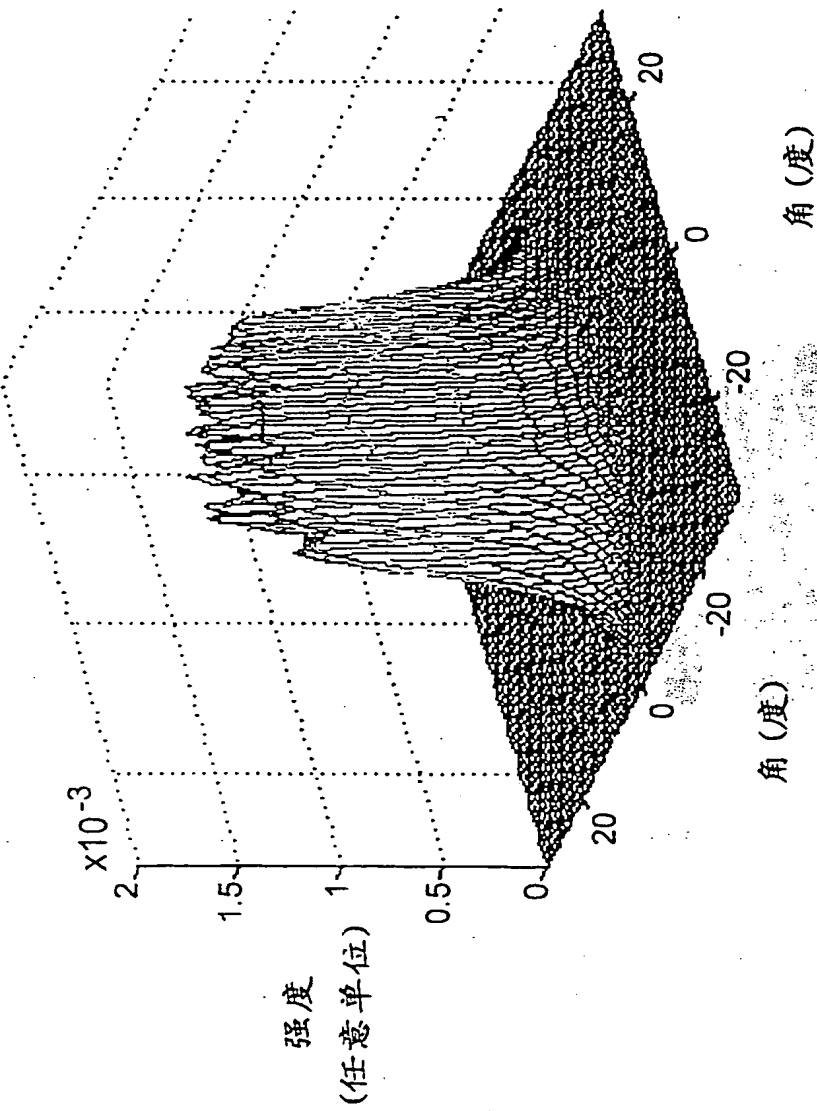
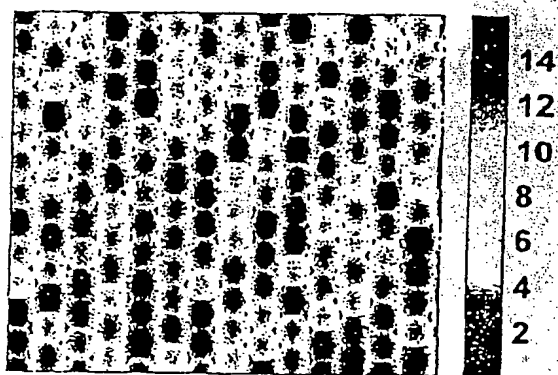


图 46



图

47

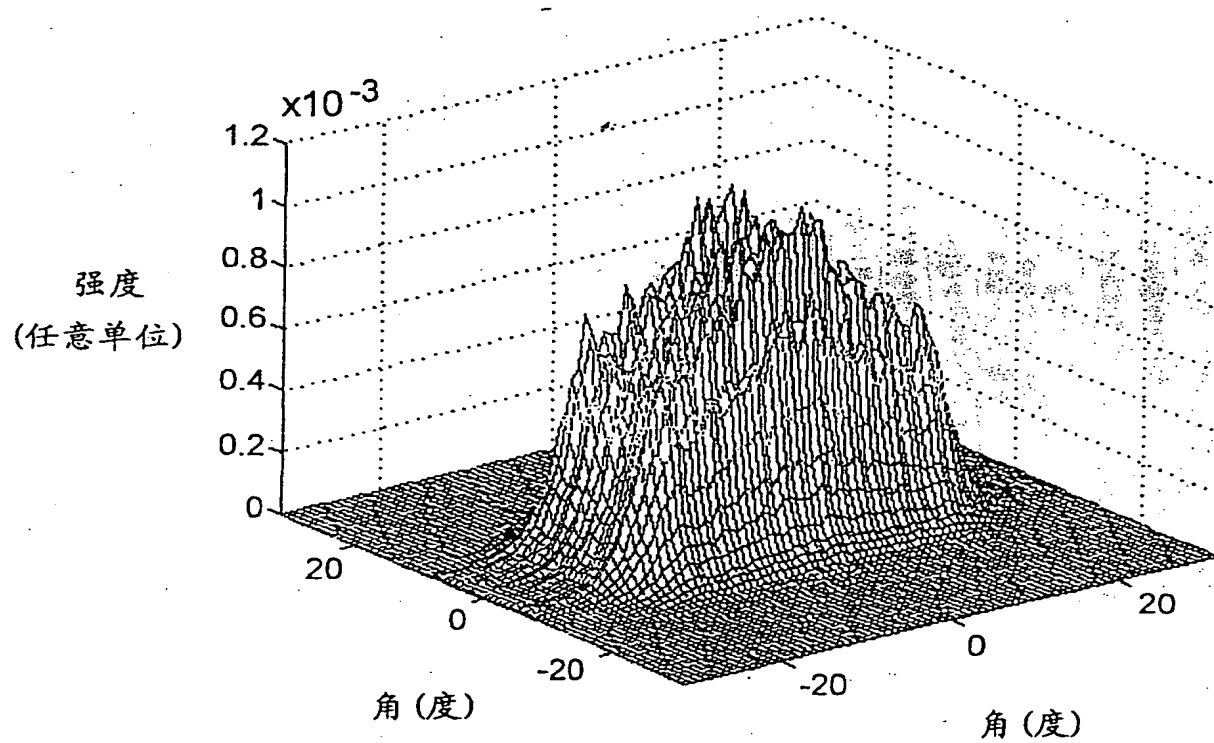


图 48

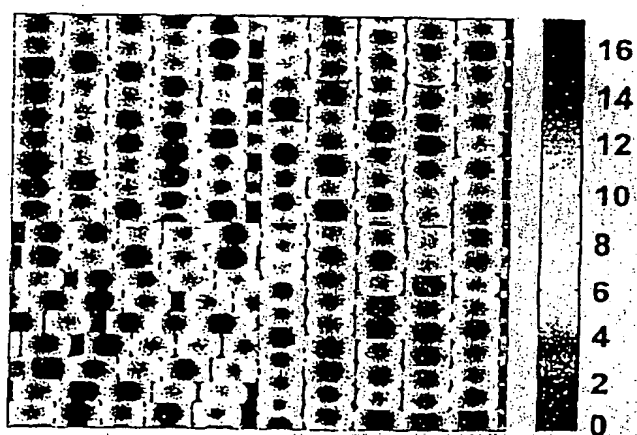


图 49